



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería Eléctrica

Proyecto de un Centro de Transformación de 250 kVA para un particular

Autor:

Sierra García, Diego

Tutor:

**Frechoso Escudero, Fernando
Departamento
Ingeniería Eléctrica**

Valladolid, noviembre 2019.

Resumen

En el presente Trabajo de Fin de Grado se analizará, mediante un proyecto real, la instalación de los elementos que engloban un Centro de Transformación prefabricado en caseta. En nuestro caso se instalará para dar suministro eléctrico a un particular, al cual no se le puede dar energía eléctrica directamente a partir de la red de Baja Tensión debido a la gran potencia que solicita, por tanto, se le dará suministro a partir de la red de Media Tensión.

Para ello se le instalarán tres elementos: un Centro de Transformación, una Red Subterránea de Media Tensión, que serán los dos elementos a analizar en este proyecto, y un Centro de Seccionamiento, que será la instalación que hará de enlace entre los elementos de la empresa distribuidora y los del particular.

Se englobarán en este Trabajo, además de los aspectos eléctricos de la instalación, los aspectos constructivos y de obra, así como los aspectos relativos a la seguridad de los trabajadores.

Palabras clave

Centro de Transformación Prefabricado

Línea de Media Tensión

Centro de seccionamiento

Línea subterránea

Suministro eléctrico de gran potencia

Abstract

This Final Degree Project will consist in the analysis of the totality of elements that includes the installation of a distribution transformer, in this case to provide electric power to an individual customer which cannot be supplied directly from the Low Voltage network due to the amount of power this customer requires, so it will be supplied from the Medium Voltage network.

The installation will consist in three main elements: a distribution transformer, a Medium Voltage network, which will be the two facilities we will work with, and a Sectioning Center, which will work as a link between the facilities of the distribution company and the customer elements.

This project will include, as well as the electrical aspects of the installation, aspects related to construction elements or workers safety.

Keywords

Prefabricated distribution transformer

Medium Voltage line

Sectioning center

Underground line

High power electric supply

Índice general

MEMORIA DESCRIPTIVA

| | |
|--------------------------------------------------------------|----|
| 1. INTRODUCCIÓN | 10 |
| 1.1 INTRODUCCIÓN GENERAL | 10 |
| 1.2 ANTECEDENTES DE LA INSTALACIÓN | 11 |
| 1.3 OBJETO Y UTILIDAD DEL TRABAJO | 11 |
| 1.4 SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO..... | 11 |
| 1.5 ALCANCE DEL PROYECTO | 12 |
| 2 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES | 13 |
| 2.1 LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN | 13 |
| 2.1.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES..... | 13 |
| 2.1.2 PUNTO DE ENTRONQUE..... | 13 |
| 2.1.3 CARACTERÍSTICAS DEL CONDUCTOR | 14 |
| 2.1.4 CANALIZACIONES Y SUS CONDICIONES ESPECÍFICAS..... | 15 |
| 2.1.5 PUESTA A TIERRA..... | 18 |
| 2.1.6 PROTECCIONES..... | 18 |
| 2.1.7 ACCESORIOS | 20 |
| 2.2 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN | 21 |
| 2.2.1 CARACTERÍSTICAS GENRALES | 21 |
| 2.2.2 DISEÑO Y ESTRUCTURA..... | 24 |
| 2.2.3 ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN | 25 |
| 2.2.4 INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALUMBRADO | 33 |
| 2.2.5 PUERTAS Y CERRADURA..... | 33 |
| 2.2.6 VENTILACIÓN..... | 34 |
| 2.2.7 MATERIAL DE SEGURIDAD NECESARIO | 34 |
| 3. CÁLCULOS ELÉCTRICOS | 35 |
| 3.1 RED SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN | 35 |
| 3.1.1 INTENSIDAD MÁXIMA. POTENCIA DE TRANSPORTE MÁXIMA | 35 |
| 3.1.2 SECCIÓN DEL CONDUCTOR | 35 |
| 3.1.3 RESISTENCIA DEL CONDUCTOR A TEMPERATURA AMBIENTE | 36 |
| 3.1.4 CAÍDA DE TENSIÓN | 37 |
| 3.1.5 INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO | 38 |
| 3.2 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN | 40 |
| 3.2.1 INTENSIDAD DE ALTA TENSIÓN | 40 |
| 3.2.2 INTENSIDAD DE BAJA TENSIÓN | 40 |
| 3.2.3 CORTOCIRCUITOS | 40 |
| 3.2.4 PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS | 41 |

| | | |
|-------|-------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.2.5 | DIMENSIONADO DE VENTILACIÓN | 41 |
| 3.3 | PUESTA A TIERRA DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN..... | 42 |
| 3.3.1 | CARACTERÍSTICAS DEL SUELO | 42 |
| 3.3.2 | PRESCRIPCIONES GENERALES DE SEGURIDAD..... | 42 |
| 3.3.3 | TENSIONES ESENCIALES PARA DEFINIR EL SISTEMA DE TIERRAS..... | 43 |
| 3.3.4 | RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA..... | 45 |
| 3.3.5 | CÁLCULO DE TENSIONES DE PASO..... | 46 |
| 3.3.6 | COMPROBACIÓN DE TENSIONES APLICADAS..... | 47 |
| 3.3.7 | DISTANCIA DE PUESTAS A TIERRA..... | 47 |
| 3.3.8 | INSTALACIÓN DEFINITIVA DE PUESTA A TIERRA..... | 48 |
| 3.3.9 | MEDIDAS DE SEGURIDAD ADICIONALES PARA EVITAR TENSIONES DE CONTACTO..... | 49 |
| 3.4 | VERIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES..... | 49 |
| 4. | BIBLIOGRAFÍA Y NORMATIVA UTILIZADA..... | 51 |
| | Bibliografía..... | 51 |

PLIEGO DE CONDICIONES

| | | |
|--------|-----------------------------------------|----|
| 1. | PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES | 56 |
| 1.1 | CAMPO DE APLICACIÓN..... | 56 |
| 1.2 | DISPOSICIONES GENERALES | 56 |
| 1.2.1 | CONDICIONES FACULTATIVAS LEGALES | 56 |
| 1.2.2 | SEGURIDAD EN EL TRABAJO..... | 57 |
| 1.2.3 | SEGURIDAD PÚBLICA..... | 57 |
| 1.3 | ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO..... | 58 |
| 1.3.1 | DATOS DE LA OBRA | 58 |
| 1.3.2 | REPLANTEO DE LA OBRA | 58 |
| 1.3.3 | MEJORAS Y VARIACIONES DEL PROYECTO..... | 58 |
| 1.3.4 | RECEPCIÓN DEL MATERIAL | 59 |
| 1.3.5 | ORGANIZACIÓN | 59 |
| 1.3.6 | EJECUCIÓN DE OBRAS..... | 59 |
| 1.3.7 | SUBCONTRATACIÓN DE OBRAS..... | 60 |
| 1.3.8 | PLAZO DE EJECUCIÓN..... | 60 |
| 1.3.9 | RECEPCIÓN PROVISIONAL | 60 |
| 1.3.10 | PERÍODOS DE GARANTÍA..... | 61 |
| 1.3.11 | RECEPCIÓN DEFINITIVA..... | 61 |
| 1.3.12 | PAGO DE OBRAS..... | 61 |
| 1.3.13 | ABONO DE MATERIALES ACOPIADOS | 62 |

| | | |
|--------|-----------------------------------------------|----|
| 1.4 | DISPOSICIÓN FINAL..... | 62 |
| 2. | REDES SUBTERRÁNEAS. CONDICIONES TÉCNICAS..... | 63 |
| 2.1 | OBJETO..... | 63 |
| 2.2 | CAMPO DE APLICACIÓN..... | 63 |
| 2.3 | EJECUCIÓN DEL TRABAJO | 63 |
| 2.3.1 | TRAZADO..... | 63 |
| 2.3.2 | APERTURA DE ZANJAS | 63 |
| 2.3.3 | CANALIZACIÓN | 64 |
| 2.3.4 | TRANSPORTE DE BOBINAS DE CABLES..... | 68 |
| 2.3.5 | TENDIDO DE CABLES..... | 68 |
| 2.3.6 | PROTECCIÓN MECÁNICA..... | 70 |
| 2.3.7 | SEÑALIZACIÓN | 70 |
| 2.3.8 | IDENTIFICACIÓN..... | 70 |
| 2.3.9 | CIERRE DE ZANJAS | 70 |
| 2.3.10 | REPOSICIÓN DE PAVIMENTOS..... | 71 |
| 2.3.11 | PUESTA A TIERRA | 71 |
| 2.3.12 | TENSIONES TRANSFERIDOS EN MT | 71 |
| 2.3.13 | MONTAJES DIVERSOS | 71 |
| 2.4 | MATERIALES..... | 72 |
| 2.5 | RECEPCIÓN DE OBRA..... | 72 |
| 3. | PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS DEL CT | 73 |
| 3.1 | OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN | 73 |
| 3.2 | EJECUCIÓN DEL TRABAJO | 73 |
| 3.2.1 | EMPLAZAMIENTO..... | 73 |
| 3.2.2 | EXCAVACIÓN | 73 |
| 3.2.3 | TRANSPORTE Y ACOPIO A PIE DE HOYO | 74 |
| 3.2.4 | CIMENTACIÓN | 74 |
| 3.2.5 | CUBIERTA..... | 75 |
| 3.2.6 | TABIQUE..... | 76 |
| 3.2.7 | ENLUCIDO Y PINTURA | 76 |
| 3.2.8 | VENTILACIÓN | 76 |
| 3.2.9 | PUERTAS..... | 76 |
| 3.2.10 | IZADO DE APOYOS Y TRANSFORMADOR | 77 |
| 3.3 | INSTALACIÓN ELÉCTRICA | 77 |
| 3.3.1 | ALIMENTACIÓN SUBTERRÁNEA | 77 |
| 3.3.2 | ALUMBRADO | 77 |
| 3.3.3 | EMBARRADOS DE MT | 77 |

| | |
|--------------------------------------------------------|----|
| 3.3.4 CONEXIONADO DE BT | 78 |
| 3.3.5 PUESTA A TIERRA..... | 78 |
| 3.4 MATERIALES..... | 79 |
| 3.4.1 RECONOCIMIENTO Y ADQUISICIÓN DE MATERIALES | 79 |
| 3.4.2 APOYOS..... | 79 |
| 3.4.3 HERRAJES..... | 79 |
| 3.4.4 AISLADORES | 79 |
| 3.4.5 CONDUCTORES..... | 80 |
| 3.4.6 RECEPCIÓN DE OBRA | 80 |
| 3.4.7 CALIDAD DE CIMENTACIÓN | 80 |
| 3.4.8 AISLAMIENTO..... | 80 |
| 3.4.9 ENSAYO DIELECTRICO | 80 |
| 3.4.10 INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA | 80 |

PRESUPUESTO

| | |
|--------------------------------------------------|----|
| 1. RED SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN | 83 |
| 1.1 OBRA CIVIL..... | 83 |
| 1.2 OBRA ELÉCTRICA | 83 |
| 2. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN | 83 |
| 2.1 OBRA CIVIL..... | 83 |
| 2.2 OBRA ELECTRICA | 84 |
| 2.3 RED DE TIERRAS..... | 85 |
| 3 MATERIALES DE SEGURIDAD Y COMPROBACIONES | 85 |
| 4 RESUMEN DE PRESUPUESTO | 86 |

PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. INTRODUCCIÓN | 89 |
| 2. OBJETO | 89 |
| 3. MEMORIA..... | 89 |
| 3.1 LÍNEAS SUBTERRÁNEAS DE MEDIA TENSIÓN | 89 |
| 3.2 CENTROS DE TRANSFORMACIÓN | 91 |
| 3.3 RIESGOS Y PREVENCIÓN EN TRABAJOS DE MONTAJE DE EQUIPOS ELÉCTRICOS | 92 |
| 3.4 MEDIDAS DE PROTECCIÓN | 94 |
| 3.5 INSTALACIONES ELÉCTRICAS PROVISIONALES PARA LA OBRA..... | 94 |
| 3.6 RIESGOS MÁS FRECUENTES | 95 |

PLAN DE GESTIÓN DE RESIDUOS

| | |
|-----------------------------------------------------------------------|------------|
| 1. GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN | 99 |
| 1.1 ANTECEDENTES | 99 |
| 1.2 ESTIMACIÓN DE LOS RESIDUOS A GENERAR | 99 |
| 1.2.1 GENERALIDADES | 99 |
| 1.2.2 CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS RESIDUOS | 99 |
| 1.2.3 MEDIDAS PARA LA PREVENCIÓN DE RESIDUOS EN LA OBRA | 100 |
| 1.3 VALORACIÓN DE LOS RESIDUOS A GENERAR | 100 |
| 1.3.1 GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS, INERTES Y MATERIALES DIVERSOS..... | 100 |
| 1.3.2 PRESCRIPCIONES RELACIONADAS CON LA GESTIÓN DE RESIDUOS | 101 |
| 2. GESTIÓN DE RESIDUOS DE DEMOLICIÓN..... | 102 |
| 2.1 CERTIFICACIÓN DE LOS MEDIOS EMPLEADOS | 102 |
| 2.2 VALORACIÓN DEL COSTE PREVISTO | 103 |

PLANOS

CONCLUSIÓN

MEMORIA DESCRIPTIVA

Índice

| | |
|--------------------------------------------------------------|----|
| 1. INTRODUCCIÓN | 10 |
| 1.1 INTRODUCCIÓN GENERAL | 10 |
| 1.2 ANTECEDENTES DE LA INSTALACIÓN | 10 |
| 1.3 OBJETO Y UTILIDAD DEL TRABAJO | 11 |
| 1.4 SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO..... | 11 |
| 1.5 ALCANCE DEL PROYECTO | 12 |
| 2 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES | 13 |
| 2.1 LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN | 13 |
| 2.1.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES..... | 13 |
| 2.1.2 PUNTO DE ENTRONQUE..... | 13 |
| 2.1.3 CARACTERÍSTICAS DEL CONDUCTOR | 14 |
| 2.1.4 CANALIZACIONES Y SUS CONDICIONES ESPECÍFICAS..... | 15 |
| 2.1.5 PUESTA A TIERRA..... | 18 |
| 2.1.6 PROTECCIONES..... | 18 |
| 2.1.7 ACCESORIOS | 20 |
| 2.2 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN | 21 |
| 2.2.1 CARACTERÍSTICAS GENRALES | 21 |
| 2.2.2 DISEÑO Y ESTRUCTURA | 24 |
| 2.2.3 ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN | 25 |
| 2.2.4 INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALUMBRADO | 33 |
| 2.2.5 PUERTAS Y CERRADURA..... | 33 |
| 2.2.6 VENTILACIÓN..... | 34 |
| 2.2.7 MATERIAL DE SEGURIDAD NECESARIO | 34 |
| 3. CÁLCULOS ELÉCTRICOS | 35 |
| 3.1 RED SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN | 35 |
| 3.1.1 INTENSIDAD MÁXIMA. POTENCIA DE TRANSPORTE MÁXIMA | 35 |
| 3.1.2 SECCIÓN DEL CONDUCTOR | 35 |
| 3.1.3 RESISTENCIA DEL CONDUCTOR A TEMPERATURA AMBIENTE | 36 |
| 3.1.4 CAÍDA DE TENSIÓN | 37 |
| 3.1.5 INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO | 38 |
| 3.2 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN | 40 |
| 3.2.1 INTENSIDAD DE ALTA TENSIÓN | 40 |
| 3.2.2 INTENSIDAD DE BAJA TENSIÓN | 40 |
| 3.2.3 CORTOCIRCUITOS | 40 |
| 3.2.4 PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS | 41 |
| 3.2.5 DIMENSIONADO DE VENTILACIÓN | 41 |

| | | |
|-------|----------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.3 | PUESTA A TIERRA DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN..... | 42 |
| 3.3.1 | CARACTERÍSTICAS DEL SUELO | 42 |
| 3.3.2 | PRESCRIPCIONES GENERALES DE SEGURIDAD..... | 42 |
| 3.3.3 | TENSIONES ESENCIALES PARA DEFINIR EL SISTEMA DE TIERRAS..... | 43 |
| 3.3.4 | RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA..... | 45 |
| 3.3.5 | CÁLCULO DE TENSIONES DE PASO..... | 46 |
| 3.3.6 | COMPROBACIÓN DE TENSIONES APLICADAS..... | 47 |
| 3.3.7 | DISTANCIA DE PUESTAS A TIERRA..... | 47 |
| 3.3.8 | INSTALACIÓN DEFINITIVA DE PUESTA A TIERRA..... | 48 |
| 3.3.9 | MEDIDAS DE SEGURIDAD ADICIONALES PARA EVITAR TENSIONES DE CONTACTO..... | 49 |
| 3.4 | VERIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES | 49 |
| 4. | BIBLIOGRAFÍA Y NORMATIVA UTILIZADA..... | 51 |
| | Bibliografía..... | 51 |

1. INTRODUCCIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN GENERAL

Durante todos estos años en los que personalmente he ido adquiriendo una gran cantidad y variedad de conocimientos en el ámbito de la ingeniería eléctrica, me ha ido surgiendo la necesidad de saber cómo aplicar una parte de estos conocimientos en un proyecto eléctrico de utilidad real, para analizar todos los factores que implican la realización de dicho proyecto en relación a los conocimientos que se imparten en cada una de las asignaturas del Grado.

Este trabajo será una aplicación real de un compendio de conocimientos relacionados generalmente con los dos últimos cursos del Grado, donde se adquieren una amplia variedad de conocimientos relacionados con la generación, transporte, distribución, adaptación, regulación y suministro de energía eléctrica.

En concreto, este proyecto vendrá más identificado con los conocimientos de las asignaturas de Líneas Eléctricas de Alta Tensión, Máquinas Eléctricas, y por último la asignatura de Centros de Transformación y Líneas Eléctricas de Baja Tensión. La información de otras asignaturas del Grado podrá ser utilizada en el presente trabajo, pero en una manera menos relevante.

Además, el hecho de formar parte de una empresa en la que una parte se dedica de manera íntegra a realizar proyectos singulares encomendados por Iberdrola, es una guía muy útil para tener mayor rango de conocimiento a la hora de realizar este tipo de proyectos. De hecho, este Trabajo de Fin de Grado pretende cambiar la idea que se tenía originalmente de un proyecto de los que la empresa realizó en su momento, y en el que se ha decidido diferenciarlo en aspectos variados del original para analizar la influencia que tienen estos cambios en referencia a los resultados finales.

Teniendo en cuenta la potencia que el cliente solicita (mayor de 100 kW), hay que partir de la idea de que no se le podría dar suministro directamente de la red de Baja Tensión dado que traspasaría la capacidad de la línea de Baja Tensión que transcurre por la parcela. A partir de aquí se estudia un punto de conexión en la red de Media Tensión.

La idea del proyecto original es la de proyectar un Centro de Transformación de abonado cuyo transformador es de 400 kVA, pero viendo las necesidades de la empresa en relación a la demanda de energía eléctrica que solicita, así como el sector en el que se encuentra, y analizando la rentabilidad económica de las posibles instalaciones, se ha decidido para este trabajo concreto modificar algún aspecto, como por ejemplo, el instalar un Centro de Transformación de abonado con una máquina transformadora de tensión, cuya potencia sea de 250 kVA en vez del de 400 kVA mencionado previamente.

1.2 ANTECEDENTES DE LA INSTALACIÓN

La empresa INTEROB S.L tomó la decisión de ampliar su actividad, y para ello, fue construida una nueva nave situada en la ampliación del Polígono de San Cristóbal de Valladolid, El Carrascal, una zona en continuo auge industrial, empresarial y económico, por tanto, una oportunidad de crecimiento para la empresa.

Para satisfacer sus necesidades la empresa demanda energía eléctrica a Iberdrola como empresa distribuidora, dicha demanda sólo podrá ser satisfecha a partir de la construcción de un Centro de Transformación de abonado (es decir, de uso particular), el cual estará alimentado a través de un Centro de Seccionamiento.

El enlace entre el Centro de Seccionamiento y el Centro de Transformación estará compuesto por una Línea Subterránea de Media Tensión

La instalación y puesta en marcha de dicho Centro de Seccionamiento será objeto de un análisis independiente de este trabajo, ya que en este trabajo se detallará exclusivamente la composición de las instalaciones que comprenden el Centro de Transformación.

1.3 OBJETO Y UTILIDAD DEL TRABAJO

El diseño del presente proyecto está configurado y programado para detallar las instalaciones que compondrán la alimentación de energía eléctrica a la nave situada en C/ Helio Nº5 de Valladolid.

Dicha nave está regentada por la empresa INTEROB S.L. cuya dedicación está destinada a la fabricación y diseño de elementos de automatismos y robótica.

Con el fin de proporcionar energía eléctrica en Baja Tensión según normativa de Iberdrola a la nueva instalación de INTEROB S.L., se determina la construcción y diseño de un Centro de Transformación Prefabricado de Superficie de 250 kVA según características normalizadas, y una línea subterránea de Media Tensión que sirva como enlace entre la red de Media Tensión de Iberdrola existente y el Centro de Transformación objeto del presente trabajo.

Para el diseño del presente trabajo se tendrá que tener en cuenta todo aquello relacionado con el estudio de la seguridad en los trabajos de construcción, así como la gestión de los residuos procedentes de dichos trabajos o las condiciones técnicas y económicas de la puesta en marcha de la instalación.

1.4 SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

La instalación objeto del proyecto se encuentra ubicada en la calle Helio nº5, con referencia catastral 8477609UM5087E0001ZW, con coordenadas (358307, 4607508) del sistema ETRS 89 H30.

Dicho emplazamiento se encuentra situado en la ampliación del Polígono de San Cristóbal de Valladolid, en donde la empresa pretende afianzar su crecimiento con unas instalaciones de mayor envergadura.

1.5 ALCANCE DEL PROYECTO

El proyecto llevado a cabo contempla la instalación y puesta en marcha de un Centro de Transformación de Abonado (CT), para el cual se detallarán las siguientes actuaciones:

- La instalación de una línea subterránea de Media Tensión (MT) a partir de la celda dispuesta en el Centro de Seccionamiento, cuya construcción será objeto de proyecto independiente. Dicho Centro de Seccionamiento será alimentado desde la línea 04-HELIO, proveniente de la STR JALÓN propiedad de Iberdrola Distribución Eléctrica S.A.U.
- La construcción del Centro de Transformación, para el cual, se ha elegido, dentro de las opciones disponibles de acondicionamiento, un Centro de Transformación de superficie, monobloque, prefabricado de hormigón de tipo *EP-3700-1T-VN-1pp* de Prephor.
- Para su correcto funcionamiento se va a disponer de un conjunto de celdas de Media Tensión tipo *Mgcosmos* de la marca Ormazábal: celda de remonte, celdas de protección y celdas de medida.
- A su vez, dispondremos de un transformador encapsulado en resina de la marca Legrand, cuyo primario tendrá una tensión de 12000-20000V y su secundario vendrá dispuesto para alimentar tensión en B2 (230-400 V), y su potencia nominal será de 250 kVA.

2 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES

El análisis de las principales instalaciones que componen el presente proyecto se reduce a la Línea Subterránea de Media Tensión y a los elementos que se ubicarán dentro del Centro de Transformación. Todos estos elementos se describen en este apartado.

2.1 LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN

2.1.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

La línea en su recorrido completo discurrirá por la parcela propiedad de la empresa INTEROB, la cual es objeto del suministro.

Para alimentar el Centro de Transformación se deberá instalar una nueva línea de Media Tensión de forma subterránea, de manera que conecte el Centro de Seccionamiento con las instalaciones del propio Centro de Transformación.

Se dispondrán de 15 metros de conductor subterráneo HEPRZ1 12/20 kV 3(1x240) mm² Al canalizado bajo tubo, según la normativa de Media Tensión de Iberdrola.

Dicha línea tendrá como tensión de servicio 20 kV, que serán los que alimenten al primario del transformador. La línea partirá de la celda de protección del Centro de Seccionamiento y desembocará en la celda de remonte del Centro de Transformación objeto del proyecto.

Características técnicas de la línea:

- Tensión nominal: 20 kV
- Tensión más elevada: 24 kV
- Tensión nominal soportada a impulsos tipo rayo: 125 kV
- Tensión nominal de corta duración a frecuencia industrial: 50 kV
- Frecuencia de servicio: 50 Hz

2.1.2 PUNTO DE ENTRONQUE

La Línea Subterránea de Media Tensión que alimentará el Centro de Transformación tendrá como origen la celda de protección del Centro de Seccionamiento.

Dicha instalación se une a la red de Distribución de Media Tensión de Iberdrola mediante la línea 4 de la Subestación de Transformación Jalón, la cual da suministro de energía en Media Tensión a todos los Centros de Transformación de la calle Helio.

2.1.3 CARACTERÍSTICAS DEL CONDUCTOR

Para dicha línea de Media Tensión se dispondrá de conductor de aislamiento dieléctrico en seco de tipo HEPRZ1 12/20 Kv 1x240 K Al+H16 según la normativa de Iberdrola NI 56.43.01. Las características del conductor se detallan de la siguiente manera:

- Conductor: aluminio compacto de sección circular, clase 2, según UNE-EN 60228:2005
- Pantalla aplicada sobre el conductor: hilos de cobre en hélice con cinta de cobre a contraespira
- Aislamiento: mezcla a base de etileno-propileno de alto módulo (HEPRZ)
- Pantalla sobre el aislamiento: una capa de mezcla semiconductora, pelable en frío (EPR), no metálica aplicada por extrusión, asociada a una corona de alambre y contraespira de cobre.
- Cubierta: compuesto termoplástico a base de poliolefina y sin contenido de componentes clorados u otros contaminantes.
- Temperatura máxima en servicio permanente: 105 °C
- Temperatura de cortocircuito en $t < 5$ s: 250 °C ⁽¹⁾

Siglas:

- **H:** cable unipolar apantallado
- **EPR:** aislamiento de etileno-propileno
- **Z1:** cubierta exterior de material termoplástico poliolefina (de poliolefina termoplástica)
- **1x240:** conductor unipolar de 240 mm² de sección
- **K:** conductor circular compacto
- **H16:** sección nominal de la pantalla metálica ⁽²⁾

Características técnicas: ⁽³⁾

| Sección (mm ²) | R _{max} a 105°C (Ω/km) | Reactancia por fase (Ω/km) | Capacidad por fase (μF/km) | I _{max} admisible (A) |
|----------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| 50 | 0,862 | 0,133 | 0,206 | 180 |
| 150 | 0,277 | 0,112 | 0,368 | 300 |
| 240 | 0,169 | 0,105 | 0,453 | 400 |

Tabla 1. Características técnicas de los conductores dependiendo de su sección

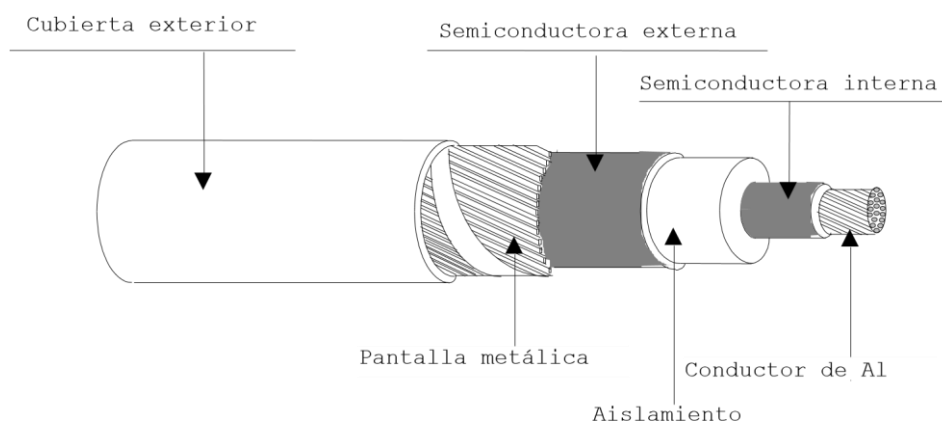


Figura 1. Elementos en el interior de un conductor

2.1.4 CANALIZACIONES Y SUS CONDICIONES ESPECÍFICAS

La canalización a realizar por la que se colocará el conductor será entubada de nueva construcción, y estará constituida por tubos termoplásticos.

Los tubos irán enterrados, como mínimo, a 80 cm de profundidad y con una anchura mínima de 35 cm., aumentando la anchura en función del número de tubos a instalar de la manera en que, en cualquier circunstancia, la profundidad mínima de la terna más próxima a la superficie del suelo sea de 60 cm.

El relleno se ejecutará con la tierra procedente de la zanja si cumple con las condiciones exigidas por las ordenanzas municipales, en caso contrario, se empleará arena de río para cumplir con las condiciones de compactación pertinentes.

Para las líneas subterráneas, quedan prohibidas la plantación de árboles, así como las construcciones de edificios o instalaciones industriales en la franja definida por la zanja donde queden situados los conductores, incrementada a cada lado en una distancia mínima de seguridad igual a la mitad de la anchura de la propia canalización.

Las condiciones a seguir para los supuestos de cruzamientos, paralelismos o proximidades con redes pertenecientes a otro tipo de servicios se describen a continuación:

2.1.4.1 CRUZAMIENTOS

Las instalaciones o tendidos de cables, así como sus canalizaciones deberán cumplir, además de los requisitos señalados en el actual capítulo, las especificaciones en referencia a otro tipo de instalaciones cuyos organismos competentes regulan su funcionamiento de manera segura y eficiente.

Para cruzar zonas en las que no sea posible o suponga un alto grado de dificultad la apertura de zanjas, dado a cruces con ferrocarriles o carreteras de gran densidad de circulación, pueden utilizarse máquinas perforadoras “topo” de impacto, hincadora de tuberías o taladradora de barrena. ⁽⁴⁾

A continuación, se detallan las especificaciones reglamentarias para cada tipo de cruzamientos.

Con calles, caminos y carreteras

Los cables se colocarán en canalizaciones entubadas hormigonadas en toda su longitud. La profundidad desde la superficie hasta la parte superior del tubo no será inferior a 80 cm, y siempre que fuera posible el cruzamiento se realizará de manera perpendicular al eje de la vía.

El número mínimo de tubos será de dos, y en el supuesto de que haya ternas de cables o mayor número de los mismos será necesario disponer de, como mínimo, un tubo de reserva. ⁽⁴⁾

Con otras canalizaciones eléctricas

Se procurará, mientras sea posible, que los cables de alta tensión se sitúen por debajo de los de baja tensión. La distancia mínima entre un cable de alta tensión con cualquier otro tipo de cable eléctrico será de 25 cm

Cuando no pueda respetarse dicha distancia, el cable que se tienda en último lugar se separará mediante tubo o divisorias constituidas por materiales incombustibles y de adecuada resistencia mecánica.

A su vez, la distancia mínima del punto de cruzamiento hasta los empalmes más próximos será de 1 metro. ⁽⁴⁾

Con cables de telecomunicaciones

La separación mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicaciones será de 25 cm. Cuando no pueda respetarse dicha distancia, la instalación que se tienda en último lugar deberá separarse mediante tubo o divisorias constituidas por materiales incombustibles y de adecuada resistencia mecánica. ⁽⁴⁾

Con canalizaciones de agua

La distancia mínima entre canalizaciones de agua y cables de energía eléctrica será de 25 cm. Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de las canalizaciones de agua, o de los empalmes de canalizaciones eléctricas, situándose unas y otros a una distancia no inferior a 1 metro del cruce.

Cuando no puedan respetarse dichas distancias, la canalización instalada posteriormente deberá separarse mediante tubo o divisorias constituidas por materiales incombustibles y de adecuada resistencia mecánica. ⁽⁴⁾

Con canalizaciones de gas

Las distancias mínimas entre canalizaciones de gas y cables de energía eléctrica serán de 25 cm. con protección suplementaria y de 40 cm. sin protección suplementaria. De no cumplirse estas distancias será necesario introducir dicha protección suplementaria que estará compuesta por materiales cerámicos como baldosas, rasillas o ladrillos.

Cuando no se pueda cumplir con dicha distancia mínima con protección suplementaria y fuera necesario reducir esa distancia, se pondrá en conocimiento de la empresa propietaria de la canalización de gas, para que se tomen las medidas necesarias para cada caso.

Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de las canalizaciones de gas, o de los empalmes de canalizaciones eléctricas, situándose unas y otros a una distancia no inferior a 1 metro del cruce. ⁽⁴⁾

Con conducciones de alcantarillado

Se procurará que los cables transcurran por encima de las canalizaciones de alcantarillado, intentando en la medida de lo posible no incidir en su interior. Se permitirá incidir en su pared, siempre que se asegure que ésta no quede debilitada.

Si no es posible se pasarán los cables por debajo, los cuales deberán separarse mediante tubo o divisorias constituidas por materiales incombustibles y de adecuada resistencia mecánica. ⁽⁴⁾

2.1.4.2 PARALELISMOS Y PROXIMIDADES

Los cables subterráneos, cualquiera que sea su forma de instalación, deberán cumplir las condiciones y distancias de proximidad que se indican a continuación, además, se procurará evitar que queden en el mismo plano vertical que las demás conducciones.

Con otros conductores de energía eléctrica

Los cables de alta tensión podrán instalarse paralelamente a otros de baja o alta tensión, manteniendo entre ellos una distancia no inferior a 25 cm.

Cuando no pueda respetarse esta distancia, la conducción que se establezca en último lugar se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias compuestas por materiales incombustibles y de adecuada resistencia mecánica.

En caso de que un mismo propietario canalice a la vez varios cables de Alta Tensión con el mismo nivel de tensiones podrá instalarlos a menor distancia. ⁽⁵⁾

Con canalizaciones de agua

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de agua será de 20 cm. Se procurará mantener dicha distancia en proyección

horizontal y, también, que la canalización de agua quede por debajo del nivel del cable de energía eléctrica.

La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica y las juntas de las canalizaciones de agua será de 1 metro.

Cuando no puedan cumplirse dichas distancias las conducciones que se instalen en último lugar se colocarán separadas mediante tubos, conductos o divisorias compuestos por materiales incombustibles y de adecuada resistencia mecánica.⁽⁵⁾

Con canalizaciones de gas

En los paralelismos de líneas subterráneas de AT con canalizaciones de gas se deberá cumplir una distancia mínima de 40 cm para aquellas cuya presión supera los 4 bar y de 25 cm para aquellas cuya presión sea igual o inferior a 4 bar.

Cuando por causas justificadas no puedan mantenerse estas distancias, podrán reducirse mediante la colocación de una protección suplementaria hasta las distancias mínimas establecidas de 25 cm para una presión mayor de 4 bar y de 15 cm para una presión menor o igual a 4 bar.

Dicha protección suplementaria a colocar, estará constituida por materiales preferentemente cerámicos tales como baldosas, rasillas, ladrillo, etc., o por tubos compuestos por materiales incombustibles y de adecuada resistencia mecánica.

La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica y las juntas de las canalizaciones de gas será de 1 metro. ⁽⁵⁾

Con cables de telecomunicaciones

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicaciones será de 20 cm.

Cuando no pueda cumplirse dicha distancia las conducciones que se instalen en último lugar se colocarán mediante tubos, conductos o divisorias compuestos por materiales incombustibles y de adecuada resistencia mecánica.

2.1.5 PUESTA A TIERRA

Se conectarán a tierra los siguientes elementos:

- Cubiertas metálicas: irán conectadas a tierra en cada extremo y en puntos intermedios en cada fase.
- Pantallas: irán conectadas a tierra en ambos extremos y en galerías.
- Armaduras: irán conectadas a tierra en ambos extremos.

2.1.6 PROTECCIONES

Las protecciones que serán necesarias instalar en la línea subterránea de Media Tensión son las siguientes:

Contra sobrecargas y sobrecalentamientos

Será necesario controlar la carga en el origen de la línea o del cable mediante el empleo de aparatos de medida, mediciones periódicas o bien por estimaciones estadísticas a partir de las cargas conectadas al mismo, con objeto de asegurar que la temperatura del cable no supere la máxima admisible en servicio permanente.

Se protegerán los conductores frente a las posibles intensidades máximas de servicio, que originar efectos térmicos y electrodinámicos perjudiciales para la línea a largo plazo que pueden ejercer desgaste sobre la misma y dar lugar a averías y daños.

En búsqueda de proteger la instalación frente a estos elementos de desgaste se dispondrán de interruptores automáticos colocados al inicio de las instalaciones que alimenten los cables subterráneos.

Las características de funcionamiento de estos elementos de protección estarán ligadas a las exigencias que presente el conjunto de las instalaciones, teniendo en cuentas las limitaciones de los cables subterráneos.

Los dispositivos de protección utilizados no deberán producir durante su actuación proyecciones peligrosas de materiales ni explosiones que puedan ocasionar daños a personas o a otros elementos.

Contra cortocircuitos

La línea estará protegida frente a cortocircuitos en su origen mediante interruptores automáticos, de manera que la falta sea despejada en un tiempo suficiente para que la temperatura alcanzada por el conductor no dañe su constitución. Para los tramos de línea aéreos se protegerá mediante fusibles y autoválvulas.⁽⁶⁾

Las intensidades máximas de cortocircuito admisibles para los conductores con tiempos de desconexión comprendidos entre 0,1 y 3 segundos vendrán indicadas en la norma UNE 20-435. Podrán ser admitidas intensidades de cortocircuito mayores que las de la norma en aquellos casos en los que el fabricante aporte la documentación justificativa correspondiente.

Contra sobretensiones

Las instalaciones eléctricas deberán ser protegidas contra sobretensiones, ya sean de origen externo (descargas atmosféricas) o de origen interno.

Para ello se dispondrán de pararrayos de resistencia variable o pararrayos de óxidos metálicos, cuyas características estarán en función de las probables intensidades de corriente a tierra que puedan preverse en caso de sobretensión. ⁽⁶⁾

2.1.7 ACCESORIOS

Los accesorios de la línea de Media Tensión tendrán que cumplir las características eléctricas que se detallan en el Capítulo 4 de la UNE 211027 y la UNE 211028.

Para las características constructivas el fabricante detallará los diámetros que sobre el aislamiento abarca cada accesorio, teniendo en cuenta que los accesorios para una sección determinada podrán servir para los conductores de la NI 56.43.01 y de la NI 56.43.02 indistintamente.

Terminaciones

La tecnología que se utilice para instalar los terminales de la línea será contráctil en frío o enfilable, de presentación monobloc o integral. Además, tendrá que cumplir los detalles indicados en el capítulo 7 de la UNE 211027, en el que se indica:

- El control de campo en las terminaciones estará integrado con la cubierta del terminal
- Las superficies expuestas al contorneo tendrán que ser resistentes a la formación de caminos de carbón y a la erosión.
- No serán admitidas aletas colocadas para aumentar la longitud de la línea de fuga, es decir, serán de piezas independientes. El diámetro de las aletas será como máximo el diámetro exterior de la fase del cable más 100 mm.
- El aislamiento del cable quedará cubierto totalmente entre el final de la cubierta y el conductor terminal.
- Los terminales metálicos estarán incluidos en el suministro y serán de tecnología de apriete mecánico, no admitiéndose incorporar piezas sueltas de adaptación en el conductor.
- Las longitudes máximas de las terminaciones serán, siendo la distancia longitudinal la medida entre el extremo visto de la cubierta del cable y el extremo del conductor, las que se indican en la siguiente tabla: ⁽⁷⁾

| Tensión asignada $U_0/U(U_m)$ (kV) | Longitud máxima de la terminación en (mm)±5 | |
|------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------|
| | Terminaciones de exterior | Terminaciones de interior |
| 12/20 (24) | 575 | 315 |
| 18/30 (36) | 650 | 340 |

Tabla 2. Elección de los terminales según la tensión asignada de la línea.

Empalmes

No se aceptará la tecnología de instalación contráctil debido al calor, sin embargo, el tipo de presentación sí que tendrá que ser monobloc o integral cumpliendo las

características indicadas del capítulo 7 de la UNE 211027, añadiendo además los siguientes aspectos.

- Los elementos a colocar sobre el aislamiento del cable, tendrán condiciones adecuadas para que se adapten completamente al mismo, evitando cavidades de aire.
- El manguito metálico de empalme, que se incluirá en el suministro, será de tecnología por apriete mecánico no admitiéndose la incorporación de piezas sueltas de adaptación a las distintas secciones del conductor a utilizar si no son extraíbles con movimiento voluntario.
- El empalme estará contenido en una única envolvente, una por cada fase de la línea, quedando todas las conexiones en el interior. ⁽⁸⁾

2.2 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Para la nueva instalación de la empresa INTEROB se ha optado por elegir un Centro de Transformación prefabricado de hormigón cuyas características se detallan a continuación.

2.2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

Para satisfacer la demanda de energía eléctrica que la empresa solicita (195 kW), se instalará un Centro de Transformación prefabricado, con un transformador cuya potencia será de 250 kVA.

La energía será suministrada a la tensión de 20 kV trifásica con frecuencia de 50 Hz, siendo la acometida una línea de Media Tensión procedente del Centro de Seccionamiento, el cual obtiene energía de la red de Media Tensión de Iberdrola.

El Centro de Transformación de intemperie, consta de una envolvente de hormigón de estructura monobloque, incorporándose en su interior la aparamenta de Alta Tensión, los cuadros de Baja Tensión, el transformador, así como los dispositivos de control pertinentes. Se elige como material el hormigón, ya que se debe construir con materiales no combustibles.

Se ha optado por este tipo de Centro de Transformación debido a la mayor facilidad de montaje y construcción, ya que pueden ser contruidos íntegramente en fábrica garantizando una calidad uniforme, y al ser prefabricado a la hora de ser instalado en la ubicación final se reducirán notablemente los trabajos de obra civil y el tiempo de montaje.

Además, según la normativa de Iberdrola NI.50.40.07, se tendrán que cumplir los siguientes aspectos constructivos:

Condiciones normales de servicio

Este tipo de envolvente es de aplicación para las condiciones de temperatura y humedad siguientes:

- Temperatura mínima: -15 °C
- Temperatura máxima: 40°C
- Temperatura máxima media diaria: 35°C.
- Humedad relativa media: 95% ⁽⁹⁾

Condiciones constructivas

1) De diseño

Estas envolventes deben integrarse fácilmente en el paisaje, debiendo adaptarse para ellos los colores y formas más discretos en relación con el entorno.

La envolvente está diseñada para que se puedan efectuar en servicio y de forma segura las operaciones habituales de inspección, maniobra y mantenimiento.

El cuerpo de la envolvente se moldeará, preferentemente, en una sola pieza que incluya la solera y los muros de cerramiento. La cubierta deberá ser independiente, permitiendo el acceso a través de ella al CT.

La envolvente estará diseñada y construida de forma que impida la acumulación de agua sobre ella y se consiga una perfecta estanqueidad, evitando todo tipo de filtraciones. No se podrá instalar ningún elemento sobre la misma que dificulte el fácil deslizamiento del agua. El fabricante indicará el sistema empleado para la impermeabilización.

En todos los casos la maniobra se efectuará desde el exterior. Para ello, la envolvente dispondrá de una puerta de acceso, que permitirá la ejecución de la maniobra. El pasillo de maniobra debe ser exterior a la envolvente, no debiendo ser necesario introducirse en la envolvente para maniobrar los equipos, por ejemplo, la disposición de las celdas junto con la palanca de maniobra debe permitir realizar la maniobra sin entrar dentro de la envolvente.

2) Dimensiones

Las dimensiones de la envolvente, una vez instalado, serán:

- Altura máxima (desde la cota 0): 2050 mm
- Superficie ocupada recomendada: $\leq 4,5 \text{ m}^2$

La profundidad en el terreno no excederá de 500 mm.

Se deberá prever espacio suficiente para poder colocar el conjunto compacto con las dimensiones especificadas en la norma NI.50.40.06, así como los armarios de automatización, telegestión y comunicaciones, y el cableado a dichos armarios, que permitan implantar los sistemas de telegestión.

Los armarios de automatización se ubicarán en la parte superior de las celdas. Este espacio deberá quedar adecuadamente identificado y previsto para poder

instalar los equipos fácilmente. Para el diseño se tendrá en cuenta la ubicación de las envolventes, previstas para ser instaladas en jardines y aceras protegidas del acceso accidental de vehículos ⁽¹⁰⁾ (figura 2)

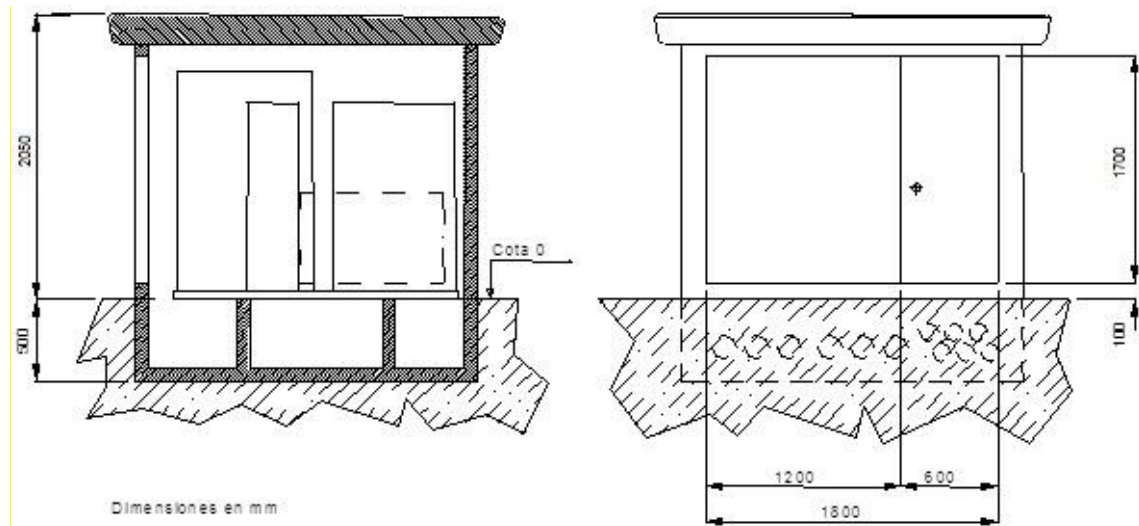


Figura 2. Envolvente prefabricada de Superficie para el CT

La base sobre la que se instalará el CT deberá tener las cotas indicadas en la figura 3, con objeto de que sean intercambiables entre sí los CT suministrados por los distintos fabricantes.

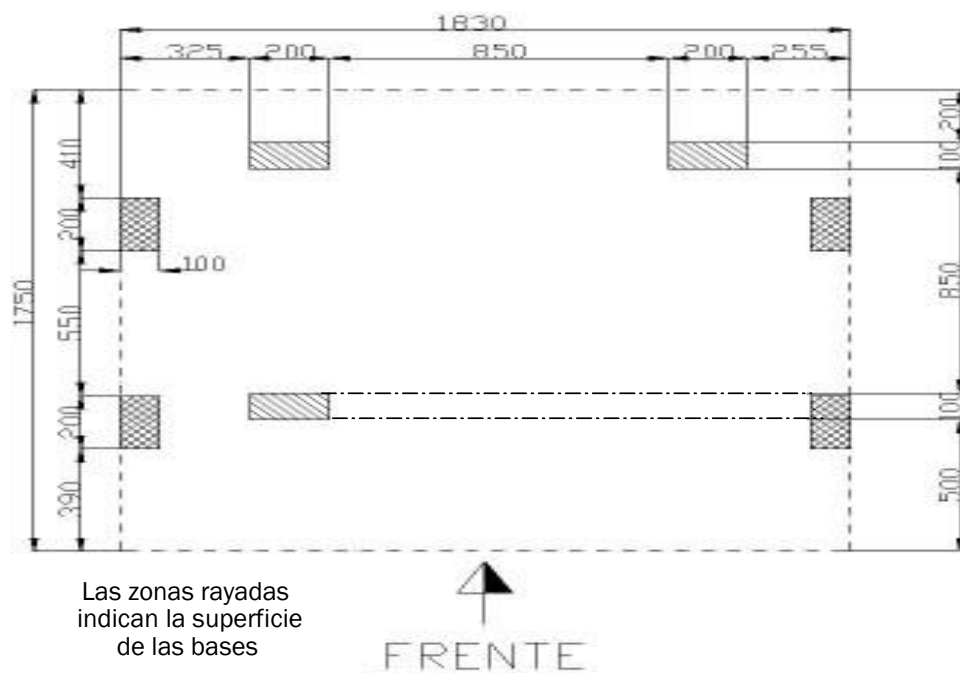


Figura 3: Base de colocación del CT

2.2.2 DISEÑO Y ESTRUCTURA

Con las características mencionadas anteriormente que se deben cumplir según la normativa de Iberdrola se ha optado por instalar un Centro de Transformación prefabricado de hormigón de la marca Prephor y la serie *EP 3700x2200-1T-VN-1pp*.

La estructura prefabricada del Centro de Transformación está diseñada para que se puedan efectuar en servicio y de forma segura, las operaciones habituales de inspección, maniobra y mantenimiento.

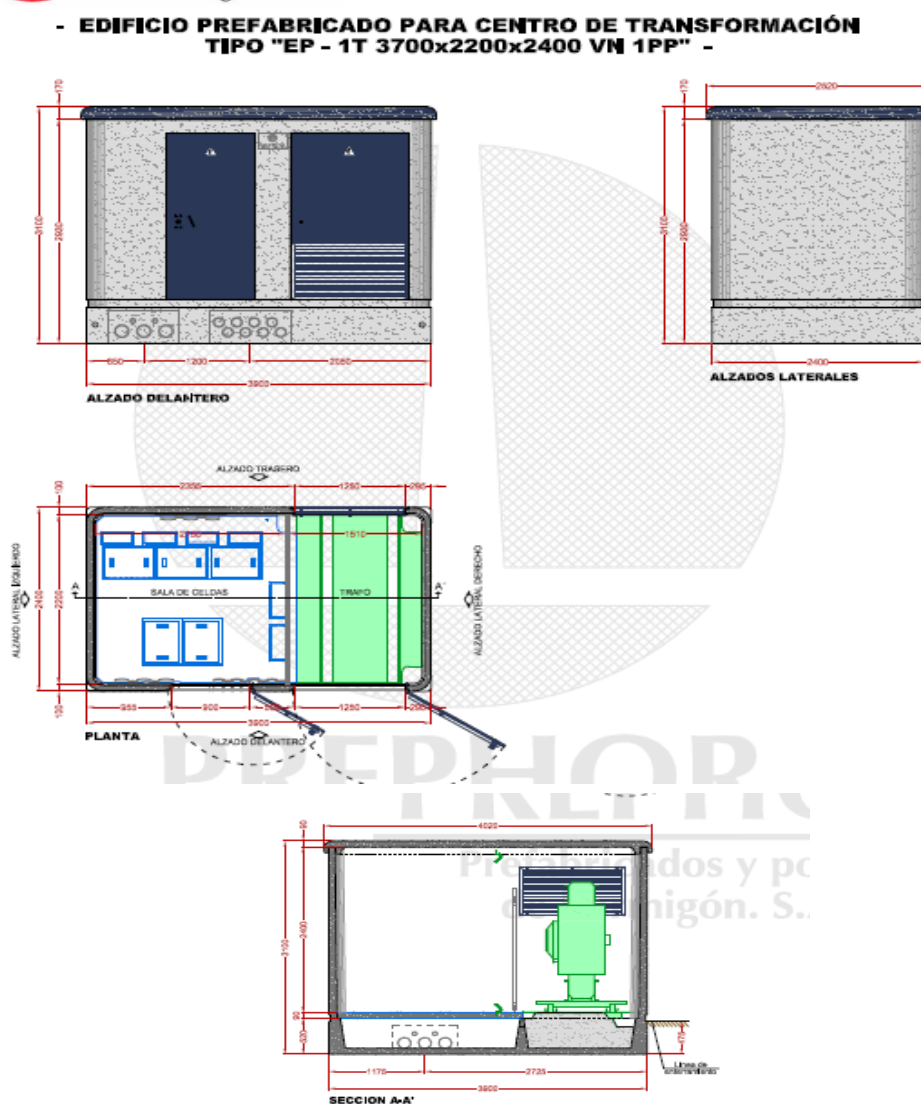


Figura 4: Diseño tipo de un CT Prephor EP-3700

El cuerpo de la instalación de moldeará preferentemente, en una sola pieza incluyendo la solera y los muros de cerramiento.

La cubierta será amovible para permitir la instalación/desinstalación del bastidor en el que se instalará el equipo eléctrico. Estará debidamente impermeabilizada de forma que no quede comprometida su estanqueidad ni haya riesgo de filtraciones. Su cara interior deberá quedar como resulte después del desencofrado y no se efectuará en ella ningún empotramiento que comprometa su estanqueidad.

Los muros prefabricados de hormigón podrán estar constituidos por paneles convenientemente ensamblados o formando un conjunto con la cubierta y la solera de forma que se impida totalmente el riesgo de filtraciones.

Los suelos del Centro de Transformación serán diseñados e instalados para soportar las cargas fijas y rodantes que generen la maquinaria y/o instalaciones contenidas en su interior.

Las paredes y los techos de las envolventes que tengan que alojar aparatos con baño en aceite, deberán estar constituidas con materiales resistentes al fuego que tengan la resistencia estructural adecuada para las condiciones de empleo.

La envolvente del CT dispondrá de orificios en la solera de 160 mm de diámetro para el paso de los cables de BT y de los cables de MT desde el exterior. En la parte frontal se situarán mínimo 2 orificios para los cables de MT y 3 para los cables de BT, a su vez, en cada lateral y a la altura del canal de cables se situará, como mínimo, otro orificio más.

Se dispondrá de otro orificio más de diámetro 100 mm en el lateral más cercano a los pasatapas de BT, que servirá para realizar una acometida temporal hacia el cuadro de BT. Este orificio quedará por encima de la cota cero de instalación y estará sellado por algún mecanismo amovible que impida su retirada desde el exterior, de manera que, con el orificio sellado, se mantenga el grado de protección especificado.



Figura 5: Ejemplo de cubierta de un CT Prephor EP-3700

2.2.3 ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN

A continuación, se detallan los elementos que componen la instalación eléctrica y la maquinaria necesaria para realizar la transformación de la tensión con total efectividad y seguridad.

2.2.3.1 Celdas de media tensión

Los tipos de celdas de Media Tensión son de aparamenta prefabricada bajo envolvente metálica, con aislamiento y corte dieléctrico de hexafluoruro de azufre (SF₆), prevista para la instalación interior, de tensión asignada 24 kV y de frecuencia de 50 Hz.

Para dicha instalación se ha escogido un conjunto compacto SF₆ de la serie *cgmcosmos* de la marca Ormazábal, de la cual dispondremos de una celda tipo *p* (celda de protección con fusibles) y de una celda tipo *rc* (celda de remonte de cables) contigua a la celda descrita anteriormente. A mayores incluiremos una celda tipo *m* (celda de medida), la cual incluyen transformadores de medida de tensión e intensidad, permitiendo comunicar con embarrado del centro de transformación, mediante barras o cables secos.

A continuación, se describen las funciones que tiene cada celda dentro del conjunto:

- **Celda de remonte de cables *rc*:** esta celda posee aislamiento en aire. Celda donde se alojan los cables de la acometida de MT hasta el embarrado principal del Centro de Transformación, se puede colocar al lado derecho (*rcd*) o al lado izquierdo (*rci*) del conjunto. En nuestro caso la colocaremos al lado derecho del conjunto.
- **Celda de protección con fusibles (*p*):** celda equipada con un interruptor-seccionador de tres posiciones: cerrado, abierto o puesta a tierra y protección con fusibles limitadores. Esta celda es imprescindible para la protección general y del transformador, así como para las maniobras de conexión o desconexión. Incluye protección con fusibles de alto poder de ruptura, montados sobre carros que se introducen en tubos portafusibles de resina aislante. El disparo se producirá por fusión de uno de los fusibles o cuando la presión interior de los tubos portafusibles se eleve debido a un fallo en los fusibles o al calentamiento excesivo de estos.

Enclavamientos

La función de los enclavamientos incluidos en las celdas se resume en lo siguiente:

- No opción a conectar el seccionador de puesta a tierra con el aparato principal cerrado, y a la inversa, no haya opción a cerrar el aparato principal cuando el seccionador de puesta a tierra esté conectado.
- No se pueda extraer la tapa frontal cuando el seccionador de puesta a tierra esté abierto, y a la inversa, no sea posible abrir el seccionador de puesta a tierra en el momento en el que la tapa frontal sea extraída.

2.2.3.2 Transformador MT/BT

El transformador de potencia es el elemento más imprescindible dentro de un Centro de Transformación, ya que es el elemento que permite realizar la alteración

del sistema de corriente alterna de una tensión elevada hacia un sistema de corriente alterna de tensión, en nuestro caso, sustancialmente inferior.

El transformador a instalar deberá de tener bajas pérdidas, según el Reglamento Europeo UE548/2014, de obligado cumplimiento a partir del 1 de julio de 2015.

Para la nueva instalación se dispondrá de un transformador de 250 kVA 13200-20000/B2, encapsulado en resina de la marca Legrand.

Se ha escogido este tipo de transformador debido a que son autoextinguibles, es decir, no incluyen ningún tipo de líquidos aislantes y, por tanto, ni emiten gases tóxicos a la atmósfera y los niveles de ruido son ínfimos comparados con un transformador en baño de aceite, protegiendo así de mejor manera el medio ambiente.

Tomas del transformador

El transformador incluirá un dispositivo que permite variar la relación de transformación un porcentaje determinado estando el transformador sin tensión, tal y como indica la MIE-RAT 7.

| Toma | Tensión primaria (V) | Toma | Tensión primaria (V) | Tensión secundaria (V) |
|----------------|----------------------|------------------|----------------------|------------------------|
| A 20 kV | | A 13.2 kV | | 400 |
| 1 (-5 %) | 19000 | 1 (-5 %) | 12540 | |
| 2 (-2.5%) | 19500 | 2 (-2.5%) | 12870 | |
| 3 (+2.5%) | 20500 | 3 (+2.5%) | 13530 | |
| 4 (+5 %) | 21000 | 4 (+5 %) | 13860 | |
| 5 (+7.5%) | 21500 | 5 (+7.5%) | 14190 | |
| 6 (+10 %) | 22000 | 6 (+10 %) | 14520 | |

Tabla 3. Tensiones del primario dependiendo de las tomas del transformador

Características del transformador

- 1) Reducción del impacto medioambiental:** gracias al uso de resina epoxi de alta calidad se reduce al mínimo el impacto medioambiental. Los transformadores están fabricados al 100% con materiales pirorretardantes y autoextinguibles, por lo que su inflamabilidad es mínima y apenas emiten gases tóxicos o humos opacos.

Puesto que no lleva líquido refrigerante, el transformador encapsulado en resina no presenta riesgos de contaminación y reduce su contribución a ella en caso de incendio.

Se puede considerar que la construcción del transformador encapsulado de resina es la que más respeta el medio ambiente, lo cual es especialmente importante cuando la máquina llega al final de su vida útil y hay que desecharla.⁽¹¹⁾

Todos estos aspectos hacen que las emisiones de CO₂ de un transformador encapsulado en resina sean sustancialmente inferiores a los transformadores en baño de aceite.

- 2) Simplificación de la instalación:** al contrario que los transformadores en baño de aceite, los transformadores encapsulados en resina no requieren obras civiles extraordinarias, como lo puedan ser los fosos de recogida, las rejillas de extinción o los cortafuegos de separación, que dentro de un transformador en aceite sirven para prevenir la propagación del fuego y la dispersión de líquidos de aislamiento. Con este tipo de transformadores se reduce de manera notoria el espacio ocupado dentro del Centro de Transformación.⁽¹²⁾

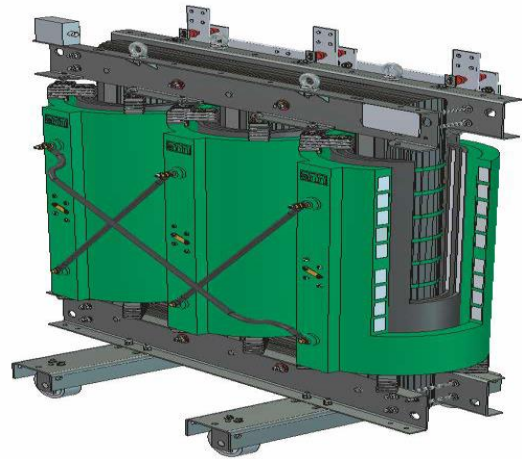


Figura 6: transformador encapsulado de resina

- 3) Flexibilidad de uso:** puesto que los transformadores encapsulados en resina son refrigerados por aire y tardan más en alcanzar la temperatura de funcionamiento, aguantan una sobrecarga mayor que los de baño en aceite, por tanto, son especialmente aptos para alimentar cargas con corrientes de arranque frecuentes. La potencia suministrada se puede aumentar aplicando sistemas de ventilación, pero únicamente se deberán utilizar para abordar sobrecargas temporales.⁽¹³⁾
- 4) Reducción del mantenimiento:** los transformadores encapsulados en resina tienen costes de mantenimiento bajos porque solamente hay que revisar periódicamente que no se acumule polvo o suciedad, y no hará falta revisar aspectos como el nivel del líquido aislante.
- 5) Reducción de costes:** los transformadores de resina tienen menor coste de compra, menor coste en cuanto a la instalación del mismo, se reduce el coste operativo, lo que desemboca en una mayor rentabilidad económica, y por

último menor coste de mantenimiento por lo que se ha comentado en la característica anterior.

2.2.3.3 Cuadro de Baja Tensión

El cuadro de Baja Tensión (CBT), es un conjunto que incluye la aparamenta de BT cuya función es recibir el circuito principal de BT procedente del transformador de potencia y distribuirlo en un número determinado de circuitos individuales.

Se dispondrá de un cuadro de Baja Tensión de la marca Ormazábal, modelo CBTO-C con interruptor manual en carga de 630 A y protección por fusibles.

Estará equipado con envolvente de poliéster para montaje en pared y doble aislamiento, disponiendo de bases unipolares NH con una salida protegida por fusibles tipo NH3.

La acometida es superior con la opción de emplear hasta 4 conductores por fase de 240 mm² de diámetro.

Estas son las partes y características del cuadro de Baja Tensión escogido:

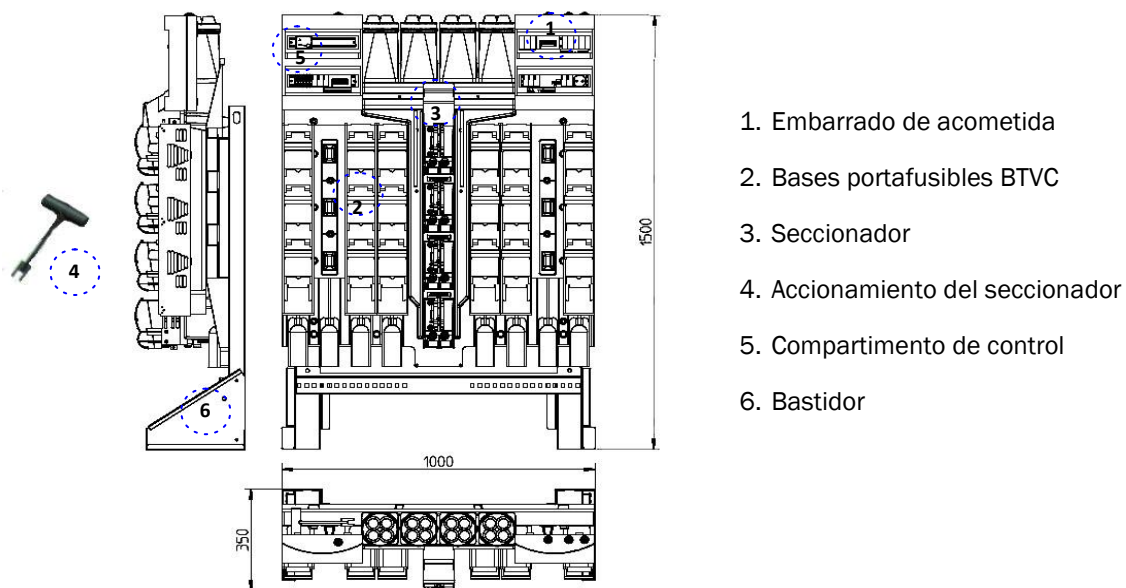


Figura 7. Partes del cuadro de Baja Tensión

- Tensión asignada de empleo: 440 V
- Tensión asignada de aislamiento: 500 V
- Intensidad asignada: 1000-1600 A
- Tensión soportada 1 min: - Fase-fase: 2500 V
- Fase-tierra: 10000 V
- Intensidad asignada corta duración (1 seg): 15000-25000 A

Estas son las características mecánicas del cuadro de Baja Tensión:

| Altura (mm) | Anchura (mm) | Fondo (mm) | Peso (kg) |
|-------------|--------------|------------|-----------|
| 1500 | 1000 | 350 | 132 |

Tabla 4. Características mecánicas del cuadro de Baja Tensión

2.2.3.4 Interconexiones

Celdas MT-Transformador

La conexión eléctrica entre las celdas de Media Tensión y el transformador de potencia vendrá dispuesta con cable unipolar seco de 150 mm² de sección, del tipo HEPRZ1, en semejanza a los cables a instalar en la Línea de Media de Tensión diferenciándose únicamente en la sección del conductor.

Se empleará la tensión asignada del conductor de 12/20 kV, para tensiones asignadas del Centro de Transformación de hasta 24 kV.

Transformador-Cuadro BT

Las conexiones interiores entre el transformador de potencia y el cuadro de Baja Tensión serán instaladas mediante cualquiera de estos dos métodos:

- Conexión directa entre los pasatapas de Baja Tensión del transformador y las pletinas deslizantes de la unidad funcional de acometida del cuadro de Baja Tensión.
- Mediante un máximo de dos conductores por fase y uno de neutro de cable RV 0,6/1 kV 1x240mm² de cobre extraflexible.

En todos los extremos de los cables se instalarán terminales a compresión de cobre estañado reforzado (DIN 46235) para el conductor RV 0,6/1 kV 1x240mm² de cobre, mediante compresión hexagonal.

Todos los conductores utilizados en las interconexiones de Baja Tensión serán no propagadores de incendio, libres halógenos y con emisiones de humos y opacidad reducida.

2.2.3.5 Puesta a tierra

Las prescripciones que deben ser llevadas a cabo por las instalaciones de puesta a tierra vienen expuestas en el apartado 1 “*Prescripciones Generales de Seguridad*” del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.

El Centro de Transformación dispone de una armadura metálica, que permite la interconexión entre sí y el colector de tierras. Esta unión se realiza mediante latiguillos de cobre, originándose una superficie equipotencial que envuelve completamente al centro. Las puertas y las rejillas están aisladas eléctricamente respecto de la tierra de la envolvente.

Para la puesta a tierra se dispondrán de dos sistemas de tierras separadas: las tierras generales de protección y las tierras de servicio o del neutro.

Tierras generales o de protección

El sistema de puesta a tierra de protección será diseñado para la protección de las personas y equipos en el instante de producirse un fallo en las instalaciones, o en las circunstancias en las que se pueden poner en tensión aquellos puntos de la instalación que habitualmente no se encuentran en tensión, como puedan ser las partes metálicas de la misma.

De manera interna se dispondrá de una red de protección a la cual estarán unidas cada una de las partes metálicas de la instalación, incluyendo la cuba del transformador, las pantallas de las botellas terminales, las celdas de Media Tensión y el cuadro de Baja Tensión. Todos estos elementos se unirán a la propia armadura metálicas del edificio prefabricado y se conectará al seccionamiento de puesta a tierra que se dispondrá en el interior del centro.

La línea de tierra y el electrodo de puesta a tierra de protección partirá desde el seccionador de puesta a tierra con conductor de cobre de 50 mm² desnudo, con una configuración en bucle (separado 1 metro de las paredes del CT), enterrado entre 0.5 y 0.8 metros de profundidad.

Se emplearán picas de cobre-acero de 2 metros de longitud y 14 mm de diámetro, con una distancia de separación de 3 metros entre sí. ⁽¹⁴⁾

El número de picas vendrá determinado en función de las características del terreno donde se ubique el centro, también se determinará mediante los valores de puesta a tierra y de las tensiones de paso y contacto obtenidas.

Tierras del neutro o de servicio

El centro dispondrá a su vez de puesta a tierra para el neutro de la red de Baja Tensión, que partirá desde la borna de neutro del propio transformador o desde el cuadro de baja tensión. También se dispondrá de un seccionador de puesta a tierra en el interior del centro, desde el cual partirá la línea de tierra de neutro. Tanto esta línea como la que unirá con el transformador o el cuadro de baja tensión se instalará mediante un conductor de cobre aislado de 50 mm² de sección.

Debido a que se deberán separar eléctricamente los sistemas de puesta a tierra de neutro, la línea de tierra de neutro tendrá 15 m de longitud, la suficiente para asegurar dicha separación eléctrica.

Posteriormente se instalará el electrodo de puesta a tierra del neutro mediante conductor de cobre desnudo de 50 mm² de sección y picas cobre-acero de 2 metros de longitud y 14 mm de diámetro con una distancia de 3 metros entre sí. ⁽¹⁴⁾

El número de picas a instalar vendrá determinado en función de las características del terreno donde se ubique el centro, también se determinará mediante los valores de puesta a tierra y de las tensiones de paso y contacto obtenidas.

2.2.3.6 Protecciones

Fusibles limitadores de MT

Los fusibles limitadores de Media Tensión empleados de manera habitual como acceso de la corriente eléctrica a las celdas de MT son los comúnmente denominados “fusibles fríos”, destinados a asegurar la protección de los circuitos de corriente alterna y de frecuencia industrial en los cuales la tensión nominal es superior a 1000 V.

Estos fusibles realizan su función de protección de forma ultrarrápida, con tiempos de actuación inferiores a los de los interruptores automáticos, ya que su fusión evita incluso el paso de corriente de cortocircuito por las instalaciones.

Además, sus principales funciones se resumen en estos tres aspectos:

- Permitir el suministro de energía continuado sin alteraciones a la intensidad nominal de la instalación.
- No producir disparos durante el arranque en vacío del transformador, situación en la que la intensidad puntual es sensiblemente superior a la nominal y de tiempo indeterminado.
- No producir disparos en situaciones donde las corrientes sean entre 10 y 20 veces superior a la nominal cuando su duración sea inferior a 0,1 segundos, ya que se evitan fenómenos transitorios que provoquen alteraciones o interrupciones del suministro.

Los fusibles de Media Tensión empleados en los Centros de Transformación suelen tener una tensión asignada de 24 kV, una corriente asignada de 40 A y un poder de corte de 20 kA. Estos valores característicos vienen definidos por la norma NI.75.06.31 de Iberdrola (“fusibles limitadores de corriente asociados para AT hasta 36 kV”).⁽¹⁵⁾

Protecciones en BT

Las protecciones de la parte correspondiente a las instalaciones en Baja Tensión, en concreto, entre el Centro de Transformación y el armario de distribución en Baja Tensión, se reducen al interruptor general de BT situado en la propia caseta del centro y posee las siguientes características:

- Tensión asignada: 400 V
- Intensidad asignada: 630 A
- Poder de corte: >20 kA

**Los datos justificativos de todas las protecciones situadas en diferentes puntos de la instalación se detallarán en la sección de cálculos dentro del presente trabajo.*

2.2.4 INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALUMBRADO

La instalación eléctrica de alumbrado será canalizada en superficie y estará montada en canaletas.

El cableado se realizará con conductor de cobre de 2,5 mm², tipo H07 V-K.

El conjunto canaleta-cable deberá soportar el ensayo de tensión aplicada de 10 kV (valor eficaz) durante 1 minuto.

Para la iluminación, la propia instalación dispondrá de 2 luminarias con base de polipropileno y difusor de policarbonato para una potencia luminosa media mínima de 1200 lúmenes. El grado de protección de las luminarias será de IP44 e IK08, donde el grado IP se refiere a la protección al ingreso de elementos sólidos (primera cifra) y de agua (segunda cifra), y el grado IK se refiere al grado de protección frente a impactos mecánicos.

Los interruptores de alumbrado estarán situados en la proximidad de las puertas de acceso, pudiendo instalarse con conmutadores o telerruptores.

Independientemente de dicho alumbrado podrá existir un alumbrado de emergencia, el cual entrará en funcionamiento automáticamente ante un corte del suministro eléctrico. Este alumbrado de emergencia tendrá una autonomía mínima de 2 horas.

El difusor de las luminarias será desmontable sin necesidad de herramienta.

En el dintel de las bisagras de la apertura de la puerta de entrada de hombre y aproximadamente a una altura del suelo de 1,2 m se deberá instalar una caja general de mando y protección con interruptor diferencial de sensibilidad 30 mA y protección contra cortocircuitos adecuada para alimentar la instalación de alumbrado.

En el dintel opuesto a las bisagras de la apertura de la puerta de entrada de hombre, se deberá instalar un interruptor de montaje saliente de 250 V y 10 A, con una carcasa de material aislante y grado de protección IP44 e IK07.

2.2.5 PUERTAS Y CERRADURA

La instalación constará de una puerta de acceso formada por dos hojas. El material de la puerta y de las rejillas será de poliéster reforzado y su grado de protección será IP43 frente a elementos externos e IK10 frente a impactos mecánicos.

La hoja del lado derecho permitirá el acceso al cuadro de Baja Tensión, y una vez abierta dicha hoja, se podrá proceder a la apertura de la hoja del lado izquierdo, cuyo acceso será hacia la zona de Media Tensión. La secuencia de apertura estará asegurada mediante enclavamiento.

Los demás elementos de las puertas como la cerradura vendrán especificados e instalados según la norma NI 50.20.03 de Iberdrola. ⁽¹⁶⁾

2.2.6 VENTILACIÓN

La ventilación de Centro de Transformación será natural y su disposición será perimetral.

Según la normativa, la diferencia entre la temperatura dentro del CT y la temperatura ambiente no deberá superar los 15°C. Consecuentemente, para reducir lo máximo posible esta diferencia de temperaturas, el CT dispondrá de rejillas de ventilación en las paredes laterales capaces de disipar el calor producido por un transformador de hasta 250 kVA.

Para calcular la superficie de la reja de entrada de aire en la instalación del CT, se utilizará la siguiente expresión:

$$S_{reja} = \frac{P_{Cu} + P_{Fe}}{0.24 * k * \sqrt{h * \Delta t^3}} \quad [2.1]$$

Donde S_{reja} es la superficie mínima de la reja de entrada, P_{Cu} son las pérdidas en cortocircuito del transformador (en kW), P_{Fe} son las pérdidas en vacío del transformador (en kW), k es el coeficiente en función del tipo de reja, h es la distancia vertical entre los centros de las rejillas y Δt la diferencia entre la temperatura de salida y de entrada del aire al CT.

2.2.7 MATERIAL DE SEGURIDAD NECESARIO

La normativa en cuanto a la seguridad dentro de los CT describe los siguientes aspectos:

- Las puertas de acceso al CT y las puertas pantallas de protección de las celdas deberán llevar un cartel de riesgo eléctrico según dimensiones y colores que se especifica en la normativa.
- En un lugar bien visible dentro de las instalaciones del CT deberá situarse un cartel con las instrucciones de primeros auxilios a realizar en caso de accidente de una persona.
- El contenido de dicho cartel de primeros auxilios se referirá a la forma de aplicar la respiración boca a boca y el masaje cardíaco.
- Deberá colocarse dentro de las instalaciones del CT un cartel referente a las 5 reglas de oro del mantenimiento eléctrico.
- El CT deberá tener dentro de sus instalaciones un utensilio porta documentos donde se alojará la siguiente documentación:
 - Manual de instrucciones y mantenimiento del CT.
 - Protocolo dentro del Centro de Transformación.
 - Documentación Técnica de las instalaciones del CT.

3. CÁLCULOS ELÉCTRICOS

Dispondremos de dos partes bien diferenciadas dentro de esta sección: los cálculos relativos a la línea de Media Tensión que alimenta el Centro de Transformación, y los cálculos relativos al propio Centro de Transformación, el cual tiene una parte muy relevante que es el cálculo de tierras del propio CT.

3.1 RED SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN

3.1.1 INTENSIDAD MÁXIMA. POTENCIA DE TRANSPORTE MÁXIMA

Según la tabla de características técnicas del conductor HEPRZ1 de 240 mm, la intensidad máxima admisible será de 400 A. A esta intensidad máxima hay que aplicarle un factor de corrección de 0,8, resultando una intensidad máxima real de 320 A.

Con este resultado y sabiendo que la tensión de la línea de Media Tensión será de 20 kV obtendremos la potencia máxima que se puede transportar hasta el primario del transformador:

$$P_{MÁX} = \sqrt{3} * V * I_{MÁX} * \cos \varphi = \sqrt{3} * 20 * 10^3 * 320 * 0,9 = 9976,613 \text{ kW} \quad [3.1]$$

3.1.2 SECCIÓN DEL CONDUCTOR

En este apartado se comprobará si la sección para el conductor de Media Tensión es la correcta. Para ello tendremos que calcular la intensidad nominal que tendrá la línea y compararla con la corriente que puede soportar (320 A).

La intensidad nominal de la línea la obtendremos a partir del cálculo de la potencia aparente de la instalación, a la cual hay que aplicarla diferentes coeficientes de simultaneidad:

$$S_T = S * C_1 * C_2 \quad [3.2]$$

Donde:

- S_T : potencia aparente a distribuir en kVA.
- S : suma de potencias de todos los centros de transformación que componen la línea proyectada, en kVA, en nuestro caso como sólo hay un centro su valor es 250 kVA.
- C_1 : coeficiente de simultaneidad correspondiente al número de transformadores existentes en la instalación.
- C_2 : coeficiente de simultaneidad correspondiente a la disposición de los conductores, si están entubados o directamente enterrados.

Tabla de valores para el primer coeficiente de simultaneidad:

| Número de centros de transformación | 1 | 2 | 3 o más |
|-------------------------------------|---|-----|---------|
| C ₁ | 1 | 0,9 | 0,8 |

Tabla 5. Coeficiente C₁ según el número de centros de transformación existentes

En nuestro caso el primer coeficiente de simultaneidad será igual a 1 ya que sólo es un centro el objeto de análisis.

La siguiente tabla de valores servirá para hallar el coeficiente C₂ según la disposición de los conductores.

| Disposición de los conductores | Nº de conductores tripolares o ternas de unipolares en la zanja | Coeficiente C ₂ |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------------|
| En el interior de tubos | | 1 |
| Directamente enterrados | 1 | 1 |
| | 2 | 1,176 |
| | 3 | 1,333 |
| | 4 | 1,538 |
| | 5 | 1,666 |

Tabla 6: valores para el coeficiente de simultaneidad C₂ según número de conductores y su disposición.

En nuestro caso al estar los conductores entubados a lo largo de su recorrido el valor del coeficiente C₂ es 1.

Por tanto, al ser ambos coeficientes de valor 1 la potencia aparente máxima de la línea seguirá siendo 250 kVA, que será la que se aplicará para hallar la intensidad nominal de la línea:

$$I = \frac{S_T}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{250 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 20 \cdot 10^3} = 7,217 \text{ A} \quad [3.3]$$

* Se asume un factor de potencia de la línea igual a 0.9

Según la normativa actual de Iberdrola, la sección mínima de los conductores de Media Tensión objetos de proyecto deberá ser 240 mm², debido a que la potencia de cortocircuito en la red es de 500 MVA.

Teniendo en cuenta que la intensidad máxima admisible para esta sección es de 320 A y el valor de la intensidad de servicio de nuestra línea, observamos que, por criterio de intensidad nominal, la sección de la línea cumple ampliamente con las especificaciones del conductor.

3.1.3 RESISTENCIA DEL CONDUCTOR A TEMPERATURA AMBIENTE

El valor de la resistencia del conductor depende de factores como la longitud del mismo o su temperatura de servicio. A partir del valor de la resistencia máxima

temperatura de servicio permanente (105°C), obtenido en la tabla del apartado 2.1.3 de la memoria, podremos hallar la resistencia del conductor a través de la siguiente expresión:

$$R_T = R_{25} * [1 + \alpha(T - 25)] \quad [3.4]$$

Donde:

- T : la temperatura incógnita, que en nuestro caso será la temperatura máxima de servicio (105°C), es decir, un dato del que partiremos.
- R_T/R_{105} : en nuestro caso la resistencia correspondiente a la máxima temperatura de servicio, cuyo valor es 0,169 Ω /km.
- α : coeficiente cuyo valor es 0,00403, y que depende del material del conductor, en nuestro caso aluminio.
- R_{25} : resistencia a temperatura ambiente, la cual es el objeto de nuestro cálculo.

Por tanto, traduciendo estos valores nos queda la siguiente expresión, a la cual, sustituyendo valores nos da el siguiente resultado:

$$R_{105} = R_{25} * [1 + \alpha(105 - 25)] \rightarrow \rightarrow \mathbf{R_{25} = 0,128 \Omega/km} \quad [3.5]$$

3.1.4 CAÍDA DE TENSIÓN

La caída de tensión máxima de la línea vendrá dada por la siguiente expresión:

$$\Delta U = \sqrt{3} * I * (R_{105} \cos \varphi + X_{105} \sin \varphi) * L \quad [3.6]$$

Donde:

- R_{105} : la resistencia correspondiente a la máxima temperatura de servicio, cuyo valor es de 0,169 Ω /km.
- X_{105} : la reactancia correspondiente a la máxima temperatura de servicio, cuyo valor es de 0,105 Ω /km.
- L : longitud de la línea de Media Tensión (en km), en nuestro caso 15 m.
- I : intensidad nominal de la línea, en amperios.
- ΔU : caída de tensión de la línea, en voltios.

Así pues, sustituyendo datos obtenemos:

$$\Delta U = \sqrt{3} * 8,018 * 0,169 * 0,9 + 0,105 * 0,436 * 0,015 = \mathbf{0,041 V} \quad [3.7]$$

Un valor insignificante en comparación a la tensión de la línea, con lo que se puede concluir que el conductor cumple con creces el criterio de caída de tensión, ya que su longitud es muy reducida.

3.1.5 INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO

Intensidad de cortocircuito del conductor

La intensidad de cortocircuito se obtendrá a partir de la potencia de cortocircuito en el punto donde se emboca el conductor subterráneo. Según Iberdrola, la potencia de cortocircuito para la red de Media Tensión es de 500 MVA.

Así pues, con la siguiente expresión obtendremos la corriente de cortocircuito:

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{500 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 20 \cdot 10^3} = \mathbf{14,43 \text{ kA}} \quad [3.8]$$

Para averiguar si el conductor es válido en cuanto a la intensidad de cortocircuito tendremos que calcular la intensidad de cortocircuito admisible del conductor de 240 mm², la cual se halla a través de esta fórmula:

$$\frac{I_{ccadm}}{S} = \frac{k}{\sqrt{t_{cc}}} \quad [3.9]$$

Donde:

- S : sección del conductor, en nuestro caso 240 mm²
- k : coeficiente que depende del material del conductor, al ser aluminio su valor es de 148.
- t_{cc} : tiempo de desconexión ante cortocircuito, en caso de zona Iberdrola 500 ms.
- I_{ccadm} : intensidad de cortocircuito admisible por el conductor.

Sustituyendo valores obtenemos el siguiente resultado:

$$I_{ccadm} = \frac{k \cdot S}{\sqrt{t_{cc}}} = \mathbf{50,232 \text{ kA}} \quad [3.10]$$

Viendo los resultados vemos que la intensidad de cortocircuito admisible es mayor que la de la línea de Media Tensión del presente proyecto, por tanto, el conductor es válido en cuanto a este criterio.

Otra manera de comprobar si el conductor es válido en cuanto a intensidad de cortocircuito se refiere es comparándola con la intensidad de cortocircuito térmicamente admisible por el conductor, a través de la siguiente fórmula:

$$\frac{I_{ccadm}^2}{S^2} \cdot t_{cc} = k^2 \ln \left(\frac{T_f + \beta}{T_i + \beta} \right) \quad [3.11]$$

Donde:

- S : sección del conductor, en nuestro caso 240 mm²
- t_{cc} : tiempo de desconexión ante cortocircuito, en caso de zona Iberdrola 500 ms.
- k : coeficiente que depende del material del conductor, en nuestro caso al ser de aluminio su valor es 148.

- T_i : temperatura inicial del conductor antes del cortocircuito, en nuestro caso 105°C.
- T_f : temperatura final del conductor después del cortocircuito, en nuestro caso 250°C.
- β : constante que se relaciona con la inversa del coeficiente de variación de resistividad eléctrica con la temperatura, al ser conductor de aluminio su valor es 228.

Sustituyendo valores obtenemos el siguiente resultado:

$$I_{ccadm} = \sqrt{\frac{S^2 * k^2 * \ln\left(\frac{T_f + \beta}{T_i + \beta}\right)}{t_{cc}}} = \mathbf{30,201 \text{ kA}} \quad [3.12]$$

Al igual que la comprobación anterior vemos que la intensidad de cortocircuito térmicamente admisible por el conductor es mayor que la intensidad de cortocircuito de la línea de Media Tensión del proyecto, por tanto, en cuanto a este criterio, el conductor de 240 mm² es válido para las especificaciones de la línea proyectada.

Intensidad de cortocircuito en la pantalla

En segundo lugar, debemos verificar las corrientes de cortocircuito fase-tierra máximas tolerables en las pantallas. Para la determinación de las corrientes de cortocircuito admisibles por las pantallas metálicas se consideran unas temperaturas, inicial y final, menores que para el conductor. La temperatura inicial será de 70°C y la final de 180°C. Según la norma UNE 21192 deberemos hallar la corriente de cortocircuito para cada uno de los conductores que forman la pantalla, en nuestro caso 20, y luego multiplicar por el número de ellos.

La sección de cada conductor de la pantalla será de 0.8 mm², así pues, según la fórmula expuesta anteriormente:

$$\frac{I_{ccadm}^2}{S^2} * t_{cc} = k^2 \ln\left(\frac{T_f + \beta}{T_i + \beta}\right) \quad [3.13]$$

Sustituimos datos y llegamos al siguiente resultado:

$$\frac{I_{ccadm}^2}{0,8^2} * 0,5 = 148^2 \ln\left(\frac{180+228}{70+228}\right) \rightarrow \rightarrow \mathbf{I_{ccadm} = 132,73 \text{ A}} \quad [3.14]$$

que para 20 conductores hace un total de **2654 A**. Este valor de corriente de cortocircuito es inferior a los 4200 A que admite la pantalla de cobre de 16 mm² del conductor proyectado, tal y como se observa en la siguiente tabla de corrientes de corto admisibles, en kA, según el fabricante:

| Sección de la pantalla (mm ²) | Duración del cortocircuito (seg) | | | | | | | |
|-------------------------------------------|----------------------------------|-----|-----|------------|-----|-----|-----|-----|
| | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 1,0 | 1,5 | 2,0 |
| 16 | 6,4 | 5,8 | 5,1 | 4,2 | 3,5 | 2,9 | 2,5 | 2,2 |

Tabla 7. Intensidad de cortocircuito en función de su duración para una pantalla de 16 mm²

Por tanto, también para el criterio de intensidad de cortocircuito admisible en la pantalla, el conductor de 240 mm² cumple con los requisitos establecidos.

3.2 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

A través de los cálculos podremos saber una serie de características del Centro de Transformación.

3.2.1 INTENSIDAD DE ALTA TENSIÓN

La intensidad del primario de un transformador trifásico se corresponde con la siguiente expresión:

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_p} \quad [3.15]$$

Donde:

- I_p : intensidad del primario del transformador, en amperios.
- S : potencia aparente del transformador, en kVA.
- V_p : tensión primaria del transformador, en voltios.

Sustituyendo datos, y análogamente al resultado de la intensidad de la línea de Media Tensión tenemos:

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_p} = \frac{250 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 20 \cdot 10^3} = \mathbf{7,217 \text{ A}} \quad [3.16]$$

3.2.2 INTENSIDAD DE BAJA TENSIÓN

La intensidad del secundario de un transformador trifásico se corresponde con la siguiente expresión:

$$I_s = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_s} \quad [3.17]$$

Donde:

- I_s : intensidad del secundario del transformador, en amperios.
- S : potencia aparente del transformador, en kVA.
- V_s : tensión secundaria del transformador, en voltios.

Sustituyendo datos obtenemos el siguiente resultado:

$$I_s = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_s} = \frac{250 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400} = \mathbf{360,844 \text{ A}} \quad [3.18]$$

3.2.3 CORTOCIRCUITOS

Para el cálculo de la intensidad de cortocircuito se tendrá en cuenta la potencia aparente de cortocircuito de la red, que en zona de distribución de Iberdrola tiene

un valor de 500 MVA. Hallaremos consecuentemente las intensidades de cortocircuito a ambos lados del transformador.

Cortocircuito en el lado de MT

La corriente de cortocircuito en el primario del transformador se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{500 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 20 \cdot 10^3} = \mathbf{14,43 \text{ kA}} \quad [3.19]$$

Cortocircuito en el lado de BT

La corriente de cortocircuito en el secundario del transformador viene dada por la siguiente expresión:

$$I_{ccs} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot \frac{U_{cc}}{100} \cdot V_s} \quad [3.20]$$

Donde:

- S : potencia del transformador, en KVA
- U_{cc} : tensión porcentual de cortocircuito en el transformador, en nuestro caso 4%.
- V_s : tensión en el lado de Baja Tensión del transformador, es decir, 400 V.
- I_{ccs} : intensidad de cortocircuito del secundario, en kA.

Así pues, sustituyendo valores obtendremos el resultado:

$$I_{ccs} = \frac{250 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot \frac{4}{100} \cdot 400} = \mathbf{9,021 \text{ kA}} \quad [3.21]$$

3.2.4 PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS

El transformador está protegido tanto en Media Tensión como en Baja Tensión. En MT la protección la efectúa la celda asociada al propio transformador, mientras que en BT la protección se incorpora en los cuadros de las líneas de salida.

La celda de protección del transformador incorpora una bobina de disparo y fusibles de alto poder de ruptura de 40 A asociados.

Se instalará un termómetro sobre el transformador verificando que no se superan los valores máximos admisibles, actuando en caso contrario directamente sobre la bobina de disparo de la celda de protección del transformador.

3.2.5 DIMENSIONADO DE VENTILACIÓN

En este apartado se calculará la superficie de la reja para la entrada del aire en vistas de realizar la ventilación de la instalación. Para hallar dicha superficie utilizaremos la siguiente expresión:

$$S_r = \frac{W_{Cu} + W_{Fe}}{0.24 * k * \sqrt{h * \Delta t^3}} \quad [3.22]$$

Donde:

- W_{Cu} : pérdidas en cortocircuito del transformador, en kW.
- W_{Fe} : pérdidas en vacío del transformador, en kW.
- k : coeficiente en función de la reja de entrada de aire, su valor en el caso actual es de 0,6.
- h : distancia vertical entre centros de rejillas, se suele utilizar un valor de 2 metros.
- Δt : diferencia de temperatura entre el aire de salida y el aire de entrada, considerándose un valor medio de 15°C de diferencia.

Así pues, sustituyendo valores, y sabiendo que el dato de pérdidas totales del transformador es de 5.03 kW, obtenemos el siguiente resultado:

$$S_r = \frac{5,03}{0,24 * 0,6 * \sqrt{2 * 15^3}} = 0,425 \text{ m}^2 \quad [3.23]$$

3.3 PUESTA A TIERRA DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Para la cálculo y descripción de la instalación de la puesta a tierra del centro de transformación proyectado, nos atendremos a lo especificado en la Instrucción Técnica Complementaria correspondiente (MIE-RAT-13).

Consecuentemente, se indicará el método general para dimensionar la puesta a tierra, utilizándose para su ejecución la normativa y proyectos tipo de Iberdrola. Por último, se calculará el dimensionado de todos los elementos que componen la puesta a tierra del centro de transformación objeto del actual proyecto.

3.3.1 CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

El R.A.T. indica que para instalaciones de tercera categoría no es posible estimar la resistencia del suelo y es necesario obtener su valor real, ya sea analítica o experimentalmente.

Así pues, a través de medidas experimentales se nos aporta el dato de que el terreno donde se va a ubicar el centro de transformación tiene una resistividad media de 200 Ω /m.

3.3.2 PRESCRIPCIONES GENERALES DE SEGURIDAD

A continuación, como parte de las prescripciones de seguridad desglosaremos los valores de la máxima tensión de contacto en función del tiempo de desconexión o tiempo del defecto, que se calcularán mediante esta equivalencia:

$$V_{ca} = \frac{K}{t^n} \quad [3.24]$$

Para los diversos rangos de valores de t , los valores de K y n vendrán definidos así:

$$0,1 < t \leq 0,9 \text{ seg.} \quad K = 72 ; n = 1$$

$$0,9 < t \leq 3 \text{ seg.} \quad K = 78,5 ; n = 0.18$$

$$3 < t \leq 5 \text{ seg.} \quad V_{m\acute{a}x} = 64 \text{ V}$$

$$t > 5 \text{ seg.} \quad V_{m\acute{a}x} = 50 \text{ V}$$

La siguiente tabla de valores refleja las tensiones de contacto en función de los distintos tiempos de defecto:

| t (s) | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1 | 1,3 | 3 |
|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|----|
| $V_{m\acute{a}x}$ (V) | 720 | 360 | 240 | 180 | 144 | 120 | 103 | 90 | 80 | 78,5 | 75,9 | 64 |

Tabla 8. Tensiones de contacto en función de los tiempos de defecto.

En nuestro caso, para futuros cálculos escogeremos $t = 0,5 \text{ seg.}$ con lo que la K tendrá un valor de 72 y la n un valor de 1.

3.3.3 TENSIONES ESENCIALES PARA DEFINIR EL SISTEMA DE TIERRAS

Para detallar la instalación de puesta a tierra del centro de transformación tenemos que definir una serie de valores que acotan dicha instalación.

Tensión de paso

La tensión de paso es la diferencia de potencial eléctrica entre dos puntos a la que quedaría sometida a una persona al dar un paso mientras se está inyectando corriente en el área en que se desplaza, dados los gradientes de potencial en la superficie del suelo. Los pies cierran circuito a través del cuerpo entre puntos a diferente potencial.

Por lo mencionado en el párrafo anterior y añadiendo, la tensión de paso es aquella que se aplica al cuerpo humano cuando los pies se encuentran a una distancia aproximadamente a 1 metro, cuando se disipa corriente a tierra en las cercanías.

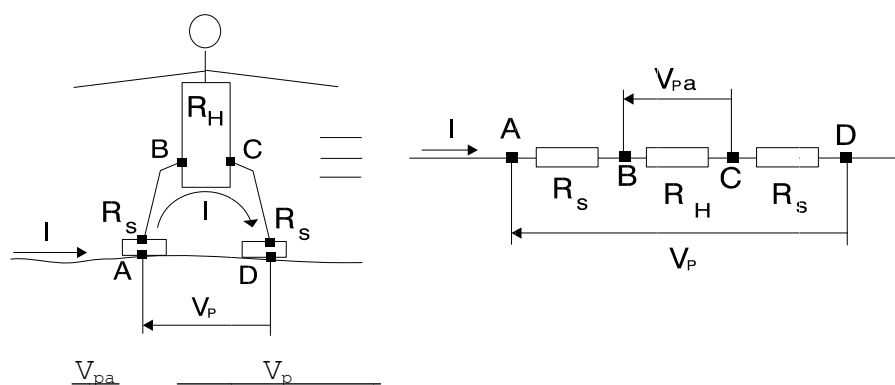


Figura 8. Circuito eléctrico equivalente al del cuerpo humano para la tensión de paso

Para calcular la corriente y la tensión de paso se utilizan las siguientes equivalencias:

$$I = \frac{V_{pa}}{R_H} = \frac{V_{pa}}{R_s + R_H + R_s} \quad [3.25]$$

$$V_p = V_{pa} * \frac{R_H + 2R_s}{R_H} = \frac{10K}{t^n} * \left(1 + \frac{6\rho_t}{1000}\right) \quad [3.26]$$

Tensión de contacto

La tensión de contacto es la diferencia de potencial eléctrico que puede surgir en caso de condiciones de defecto en cualquier parte conductora accesible que pueda entrar en contacto con el cuerpo humano.

En situación de defecto, se genera una corriente hacia tierra a través del conductor de protección, dicho conductor al tener cierta resistencia genera una caída de tensión que puede almacenarse en las partes conductoras de la instalación. Estas partes conductoras pueden ser cualquier elemento metálico de la instalación, que permanece accesible al contacto humano.

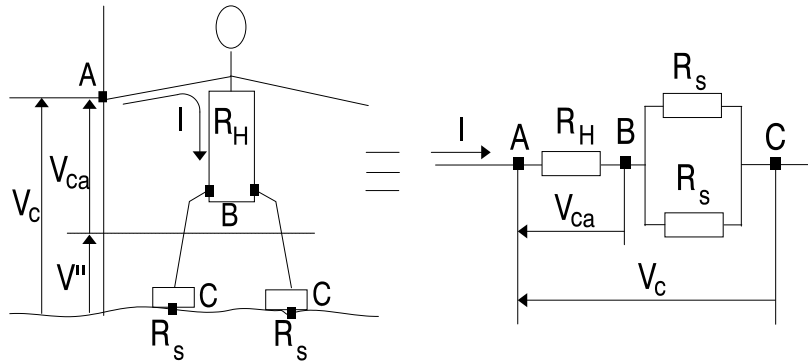


Figura 9: Circuito eléctrico equivalente al del cuerpo humano para la tensión de contacto

Para calcular la corriente y la tensión de contacto se utilizan las siguientes expresiones:

$$I = \frac{V_{ca}}{R_H} = \frac{V_{ca}}{R_H + \frac{R_s}{2}} \quad [3.27]$$

$$V_c = V_{ca} * \frac{R_H + \frac{R_s}{2}}{R_H} = \frac{K}{t^n} * \left(1 + \frac{1,5 * \rho_t}{1000}\right) \quad [3.28]$$

Habiendo definido los conceptos de tensión de paso y de contacto, procedemos al cálculo y dimensionado del sistema de tierras del centro de transformación del presente trabajo.

3.3.4 RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA

Lo primero que deberemos tener en cuenta a la hora de dimensionar la puesta a tierra del centro de transformación es el valor de la resistencia de puesta a tierra preliminar, para ello utilizaremos la siguiente igualdad.

$$R_{paT} = \frac{V_d}{I_{dm}} \quad [3.29]$$

Donde:

- R_{paT} : es la resistencia de puesta a tierra preliminar que hallaremos
- V_d : tensión nominal de la parte de Media Tensión de la instalación, que será la tensión de defecto.
- I_{dm} : es el valor de la limitación de la intensidad a tierra, cuyo valor es de 750 A y viene impuesto por la empresa distribuidora Iberdrola.

Sustituyendo datos obtenemos:

$$R_{paT} = \frac{V_d}{I_{dm}} = \frac{\frac{20 \times 10^3}{\sqrt{3}}}{750} = \mathbf{15,396 \, \Omega} \quad [3.30]$$

Con este valor procedemos a calcular la constante máxima característica del electrodo de puesta a tierra, para así poder elegir posteriormente la configuración de la puesta a tierra. A partir de la resistencia anteriormente calculada y del valor de la resistividad del terreno (ρ_t , valor según apartado 3.3.1) hallaremos ese valor máximo de la constante:

$$K_r \leq \frac{R_{paT}}{\rho_t} = \frac{15,396}{200} = \mathbf{0,077} \quad [3.31]$$

Según la tabla de valores de UNESA, que representa las distintas configuraciones posibles de la puesta a tierra, además sabiendo que el tamaño de nuestro centro de transformación es de 3900 x 2400 mm, el electrodo de puesta a tierra que elegiremos será de tamaño 5 x 3,5 m. Por tanto, estas serán las posibles configuraciones según el valor de K_r máximo:

Para sección del conductor 50 mm², diámetro de picas 14 mm y profundidad de la instalación de 0,5 m tenemos:

- | | |
|--------------|--------------|
| • 50-35/5/44 | • 50-35/5/84 |
| • 50-35/5/46 | • 50-35/5/86 |
| • 50-35/5/48 | • 50-35/5/88 |

Para sección del conductor 50 mm², diámetro de picas 14 mm y profundidad de la instalación de 0.8 m tenemos:

- | | |
|--------------|--------------|
| • 50-35/8/44 | • 50-35/8/84 |
| • 50-35/8/46 | • 50-35/8/86 |
| • 50-35/8/48 | • 50-35/8/88 |
| • 50-35/8/82 | |

Según indicaciones aportadas por el cliente, el criterio que se tomará a la hora de escoger la instalación de puesta a tierra será básicamente el económico. Lo que se traduce en menor profundidad de la instalación, menor número de picas y menor longitud de cada pica, por tanto, la configuración escogida es:

- 50-35/5/44

Cuyas características son las siguientes:

- 50-35: dimensión de la instalación, 5 m de largo x 3,5 m de ancho.
- 5: profundidad de la instalación, a 0,5 m de la superficie.
- 44: el primer 4 significa el número de picas, irán colocadas una en cada vértice del electrodo. El segundo 4 significa la profundidad de las picas (4 m).
- Sección del conductor: 50 mm².
- Diámetro de las picas: 14 mm.

Según las tablas de UNESA los parámetros de la configuración escogida son los siguientes:

$$a) K'_r = 0,073 \qquad b) K'_p = 0,0158 \qquad c) K'_c = K'_{pacc} = 0,0318$$

Con estos parámetros característicos de nuestra instalación hallaremos el valor de la resistencia de puesta a tierra real con la siguiente igualdad:

$$R'_{PaT} = K'_r * \rho_t = 0,073 * 200 = \mathbf{14,6 \, \Omega} \quad [3.32]$$

También podremos hallar la intensidad de defecto máxima real de nuestra instalación con la ecuación **anteriormente mencionada**:

$$R'_{PaT} = \frac{V_d}{I'_{dm}} \rightarrow I'_{dm} = \frac{V_d}{R'_{PaT}} = \frac{\frac{20 \cdot 10^3}{\sqrt{3}}}{14,6} = \mathbf{790,89 \, A} \quad [3.33]$$

3.3.5 CÁLCULO DE TENSIONES DE PASO

Tensión de paso en exterior

Para hallar el valor de la tensión de paso en el exterior del centro utilizaremos la siguiente ecuación:

$$V'_p = K'_p * \rho_t * I'_{dm} = 0,0158 * 200 * 790,89 = \mathbf{2499,21 \, V} \quad [3.34]$$

Tensión de paso en acceso

Para hallar el valor de la tensión de paso en el acceso utilizaremos la siguiente ecuación:

$$V'_c = K'_c * \rho_t * I'_{dm} = 0,0318 * 200 * 790,89 = \mathbf{5030,06 \, V} \quad [3.35]$$

Tensión de paso en interior

Adoptando las medidas de seguridad pertinentes, no es preciso calcular el valor de la tensión de paso en el interior, por lo que no se considerará su cálculo.

En caso de que se considerara este es su valor:

$$V'_d = R'_{paT} * I'_{dm} = K'_r * \rho_t * I'_{dm} = 0.073 * 200 * 790,89 = \mathbf{11547\ V} \quad [3.36]$$

3.3.6 COMPROBACIÓN DE TENSIONES APLICADAS

Tensión de paso admisible

Para hallar el valor de la tensión de paso admisible por la instalación nos remitiremos a la ecuación del apartado 3.3.3:

$$V_{Padm} = V_{pa} \left(1 + \frac{6\rho_t}{1000} \right) = \frac{10K}{t^n} * \left(1 + \frac{6\rho_t}{1000} \right) = \frac{10*72}{0.5} * \left(1 + \frac{6*200}{1000} \right) = \mathbf{3168\ V} \quad [3.37]$$

Tensión de paso en acceso admisible

Para hallar el valor de la tensión de paso admisible en el acceso será necesario incluir esta ecuación, en la que entra en juego la constante ρ_H , que es la resistividad del hormigón, cuyo valor es de 3000 Ω/m .

$$V_{Paccadm} = V_{pa} \left(1 + \frac{3*(\rho_t + \rho_H)}{1000} \right) = \frac{10K}{t^n} * \left(1 + \frac{3*(\rho_t + \rho_H)}{1000} \right) = \frac{10*72}{0.5} * \left(1 + \frac{3*(200+3000)}{1000} \right) = \mathbf{15264\ V} \quad [3.38]$$

Comprobación de tensiones

Para que el dimensionado de la puesta a tierra sea el adecuado tendremos que comprobar si la tensión de paso en el exterior no supera la tensión de paso admisible, y a su vez, la tensión de paso en el acceso es también inferior a la admisible:

$$V'_p = 2499,21\ V < V_{padm} = 3168\ V$$

$$V'_c = 5030,06\ V < V_{paccadm} = 15264\ V$$

Como podemos ver se cumplen ambas restricciones en cuanto a las tensiones de paso admisibles, por tanto, la instalación de puesta a tierra va conforme a la reglamentación vigente.

3.3.7 DISTANCIA DE PUESTAS A TIERRA

Al ser la tensión de defecto mayor que 1000 V, será necesario separar la puesta a tierra de protección de la puesta a tierra de servicio. Para saber la distancia que tendrán que estar separadas ambas puestas a tierra dispondremos de la siguiente ecuación:

$$D = \frac{\rho_t * I_d'}{2000\pi} = \frac{200 * 790,89}{2000\pi} = \mathbf{25.17\ m} \quad [3.39]$$

La puesta a tierra de servicio tendrá que estar a un mínimo de 25.17 metros de la puesta a tierra de protección para mantener la seguridad de la instalación.

3.3.8 INSTALACIÓN DEFINITIVA DE PUESTA A TIERRA

Puesta a tierra de protección

Se conectarán a este sistema las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente, pero puedan estarlo a consecuencia de averías o causas fortuitas, tales como bastidores de los aparatos de maniobra, envolventes metálicas de las cabinas prefabricadas o carcasas de los transformadores.

Así pues, la configuración de la puesta a tierra de protección será 50-35/5/44, tal y como se ha indicado en el apartado 3.3.4.

Puesta a tierra de neutro o de servicio

Se conectarán a este sistema de protección el neutro del transformador, así como la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

Las características de las picas son las mismas que las descritas para la tierra de protección y su configuración, así como sus valores característicos serán:

- Código 5/32 de UNESA
- a) $K'_r = 0,135$ b) $K'_p = 0,0252$

Estará constituida por 3 picas en hilera, unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm² de sección. Las picas tendrán un diámetro de 14 mm y una longitud de 2 metros. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0,5 m y la separación entre cada pica será de 3 metros.

Siempre se podrán utilizar otras configuraciones para la puesta a tierra de servicio siempre y cuando los parámetros K'_r y K'_p sean inferiores a los establecidos.

La conexión desde el Centro de Transformación se realizará partiendo de un seccionador de tierras, con el conductor protegido mecánicamente, aislado de tipo RV 1x50 mm² Cu. La longitud de esta unión será suficiente como para asegurar el aislamiento del electrodo de puesta a tierra de servicio respecto al electrodo de protección en una longitud que se determinará posteriormente.

El criterio de selección de la tierra de servicio es no ocasionar en el electrodo una tensión superior a 24 V cuando existe un defecto a tierra en una instalación de Baja Tensión protegida contra contactos indirectos por un diferencial de 650 mA. Para ello, la resistencia de puesta a tierra de servicio deberá ser inferior a 37 Ω .

$$R_{serv} = K_r * R_o = 0,135 * 200 = 27 \Omega < 37 \Omega \quad [3.40]$$

Para mantener los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio independientes, la puesta a tierra del neutro se hará con cable aislado de 0,6/1 kV,

protegido con tubo de PVC de grado de protección 7, como mínimo, contra daños mecánicos.

3.3.9 MEDIDAS DE SEGURIDAD ADICIONALES PARA EVITAR TENSIONES DE CONTACTO

Para que no aparezcan tensiones de contacto exteriores ni interiores, se colocará una acera perimetral (placa equipotencial) de 20 cm. de espesor y profundidad alrededor del Centro de Transformación de forma de sobresalga 1,5 m.

Cuando una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra, como lo es este caso, la tensión de paso de acceso es equivalente al valor de la tensión de contacto exterior máxima.

La acera perimetral descrita no permite un contacto directo con elementos cuya eventual puesta en tensión pudiera hacerlos peligrosos.

3.4 VERIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES

Previamente a la puesta en funcionamiento de la instalación se han de verificar los diferentes componentes de la instalación, así como los valores referenciados tanto de la puesta a tierra como de la medida de las tensiones de paso y contacto del Centro de Transformación. También se deberán comprobar el correcto funcionamiento de la aparamenta.

Respecto a la Línea Subterránea de Media Tensión, se han de comprobar los diferentes componentes de la instalación, según se establece en el vigente Reglamento de Líneas de Alta Tensión ITC-LAT-05. Por tratarse de una instalación cuya tensión no supera los 30 kV, se necesitará:

- Verificación inicial, la cual la realizará el Instalador Autorizado.
- Inspección periódica cada 3 años.

Las verificaciones y ensayos a realizar en los cables instalados en redes de Media Tensión antes de su puesta a punto serán los siguientes:

- Condiciones generales
- Comprobación de continuidad y orden de fases
- Etiquetado e identificación de cable y circuito.
- Comprobación de la continuidad y resistencia de la pantalla.
- Ensayo de rigidez dieléctrica en la cubierta.
- Ensayo de tensión en corriente alterna.

Las verificaciones y ensayos se llevarán a cabo una vez finalizada la instalación del conductor, así como de sus accesorios. Dichas verificaciones se deberán realizar con el conductor con todos sus accesorios instalados.

Los ensayos tendrán una validez de 3 meses, pasado este plazo sin poner en marcha la instalación deberán repetirse todos los ensayos anteriormente mencionados.

En el caso de que se tenga la necesidad de quitar los tapones de los terminales enchufables para la realización de ensayos, estos deberán estar limpios y convenientemente impregnados con silicona antes de volver a montarlos.

La identificación y etiquetado de la línea se realizará con cinta de PVC de colores normalizados en cada extremo de las diferentes fases, además se colocarán pegatinas de identificación de tipo de línea.

Los ensayos mencionados deberán realizarse en presencia de la dirección facultativa, la cual deberá certificar su aprobación.

4. BIBLIOGRAFÍA Y NORMATIVA UTILIZADA

Bibliografía

- (1) Iberdrola Distribución. (Febrero 2014). *N I 56.43.01: Cables unipolares con aislamiento seco de etileno propileno de alto módulo y cubierta de poliolefina (HEPRZ1) para redes de AT hasta 30 kV. Apartado 6.2.2*
- (2) Iberdrola Distribución. (Febrero 2014). *N I 56.43.01: Cables unipolares con aislamiento seco de etileno propileno de alto módulo y cubierta de poliolefina (HEPRZ1) para redes de AT hasta 30 kV. Apartado 5*
- (3) Iberdrola Distribución. (Febrero 2014). *MT 2.31.01: PROYECTO TIPO DE LINEA SUBTERRÁNEA DE AT HASTA 30 kV. Apartado 7.1*
- (4) Iberdrola Distribución. (Febrero 2014). *MT 2.31.01: PROYECTO TIPO DE LINEA SUBTERRÁNEA DE AT HASTA 30 kV. Apartado 9.1*
- (5) Iberdrola Distribución. (Febrero 2014). *MT 2.31.01: PROYECTO TIPO DE LINEA SUBTERRÁNEA DE AT HASTA 30 kV. Apartado 9.2*
- (6) Iberdrola Distribución. (Febrero 2014). *MT 2.31.01: PROYECTO TIPO DE LINEA SUBTERRÁNEA DE AT HASTA 30 kV. Apartado 11*
- (7) Iberdrola Distribución. (Febrero 2014). *N I 56.80.02: Accesorios para cables subterráneos de tensiones asignadas de 12/20 (24) kV hasta 18/30 (36) kV. Apartado 5.2.1*
- (8) Iberdrola Distribución. (Febrero 2014). *N I 56.80.02: Accesorios para cables subterráneos de tensiones asignadas de 12/20 (24) kV hasta 18/30 (36) kV. Apartado 5.2.2.*
- (9) Iberdrola Distribución. (Noviembre 2018). *N I 50.40.07: Envolventes prefabricadas de hormigón para Centros de Transformación Compactos, de Superficie. Maniobra exterior. Apartado 5.1*
- (10) Iberdrola Distribución. (Noviembre 2018). *N I 50.40.07: Envolventes prefabricadas de hormigón para Centros de Transformación Compactos, de Superficie. Maniobra exterior. Apartado 5.2*
- (11) Legrand Group. (Abril de 2017). *Transformadores encapsulados en resina. Apartado 1*
- (12) Legrand Group. (Abril de 2017). *Transformadores encapsulados en resina. Apartado 2*
- (13) Legrand Group. (Abril de 2017). *Transformadores encapsulados en resina. Apartado 3*
- (14) Iberdrola Distribución. (Septiembre 2013). *MT 2.11.33: Diseño de puestas a tierra para centros de transformación, de tensión nominal ≤ 30 kV.*
- (15) Iberdrola Distribución. (Junio 2003). *N I 75.06.31: Fusibles limitadores de corriente asociados para AT hasta 36 kV.*
- (16) Iberdrola Distribución. (Junio 2009). *N I 50.20.03: Herrajes, puertas, tapas, rejillas, escaleras y cerraduras para centros de transformación.*

ANEXO 1:
PLIEGO DE
CONDICIONES

Índice

| | |
|---------------------------------------------------------|-----------|
| 1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES | 56 |
| 1.1 CAMPO DE APLICACIÓN | 56 |
| 1.2 DISPOSICIONES GENERALES..... | 56 |
| 1.2.1 CONDICIONES FACULTATIVAS LEGALES | 56 |
| 1.2.2 SEGURIDAD EN EL TRABAJO..... | 57 |
| 1.2.3 SEGURIDAD PÚBLICA..... | 57 |
| 1.3 ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO | 58 |
| 1.3.1 DATOS DE LA OBRA | 58 |
| 1.3.2 REPLANTEO DE LA OBRA..... | 58 |
| 1.3.3 MEJORAS Y VARIACIONES DEL PROYECTO..... | 58 |
| 1.3.4 RECEPCIÓN DEL MATERIAL | 59 |
| 1.3.5 ORGANIZACIÓN | 59 |
| 1.3.6 EJECUCIÓN DE OBRAS..... | 59 |
| 1.3.7 SUBCONTRATACIÓN DE OBRAS..... | 60 |
| 1.3.8 PLAZO DE EJECUCIÓN..... | 60 |
| 1.3.9 RECEPCIÓN PROVISIONAL | 60 |
| 1.3.10 PERÍODOS DE GARANTÍA..... | 61 |
| 1.3.11 RECEPCIÓN DEFINITIVA..... | 61 |
| 1.3.12 PAGO DE OBRAS..... | 61 |
| 1.3.13 ABONO DE MATERIALES ACOPIADOS..... | 62 |
| 1.4 DISPOSICIÓN FINAL | 62 |
| 2. REDES SUBTERRÁNEAS. CONDICIONES TÉCNICAS..... | 63 |
| 2.1 OBJETO | 63 |
| 2.2 CAMPO DE APLICACIÓN | 63 |
| 2.3 EJECUCIÓN DEL TRABAJO | 63 |
| 2.3.1 TRAZADO..... | 63 |
| 2.3.2 APERTURA DE ZANJAS | 63 |
| 2.3.3 CANALIZACIÓN | 64 |
| 2.3.4 TRANSPORTE DE BOBINAS DE CABLES..... | 68 |
| 2.3.5 TENDIDO DE CABLES..... | 68 |
| 2.3.6 PROTECCIÓN MECÁNICA..... | 70 |
| 2.3.7 SEÑALIZACIÓN | 70 |
| 2.3.8 IDENTIFICACIÓN..... | 70 |
| 2.3.9 CIERRE DE ZANJAS | 70 |
| 2.3.10 REPOSICIÓN DE PAVIMENTOS..... | 71 |
| 2.3.11 PUESTA A TIERRA | 71 |

| | |
|--------------------------------------------------------|-----------|
| 2.3.12 TENSIONES TRANSFERIDOS EN MT | 71 |
| 2.3.13 MONTAJES DIVERSOS | 71 |
| 2.4 MATERIALES | 72 |
| 2.5 RECEPCIÓN DE OBRA | 72 |
| 3. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS DEL CT | 73 |
| 3.1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN | 73 |
| 3.2 EJECUCIÓN DEL TRABAJO | 73 |
| 3.2.1 EMPLAZAMIENTO..... | 73 |
| 3.2.2 EXCAVACIÓN | 73 |
| 3.2.3 TRANSPORTE Y ACOPIO A PIE DE HOYO | 74 |
| 3.2.4 CIMENTACIÓN | 74 |
| 3.2.7 CUBIERTA..... | 75 |
| 3.2.8 TABIQUES..... | 76 |
| 3.2.9 ENLUCIDO Y PINTURA | 76 |
| 3.2.10 VENTILACIÓN | 76 |
| 3.2.11 PUERTAS..... | 76 |
| 3.2.12 IZADO DE APOYOS Y TRANSFORMADOR | 77 |
| 3.3 INSTALACIÓN ELÉCTRICA..... | 77 |
| 3.3.1 ALIMENTACIÓN SUBTERRÁNEA | 77 |
| 3.3.2 ALUMBRADO | 77 |
| 3.3.3 EMBARRADOS DE MT | 77 |
| 3.3.4 CONEXIONADO DE BT | 78 |
| 3.3.5 PUESTA A TIERRA..... | 78 |
| 3.4 MATERIALES | 79 |
| 3.4.1 RECONOCIMIENTO Y ADQUISICIÓN DE MATERIALES | 79 |
| 3.4.2 APOYOS..... | 79 |
| 3.4.3 HERRAJES..... | 79 |
| 3.4.4 AISLADORES | 79 |
| 3.4.5 CONDUCTORES..... | 80 |
| 3.4.6 RECEPCIÓN DE OBRA | 80 |
| 3.4.7 CALIDAD DE CIMENTACIÓN | 80 |
| 3.4.8 AISLAMIENTO..... | 80 |
| 3.4.9 ENSAYO DIELECTRICO | 80 |
| 3.4.10 INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA | 80 |

1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

Este Pliego de Condiciones determina los requisitos a que se debe ajustar la ejecución de instalaciones para la distribución de energía eléctrica cuyas características técnicas estarán especificadas en el presente trabajo.

1.1 CAMPO DE APLICACIÓN

Este Pliego de Condiciones se refiere a la construcción de redes aéreas y subterráneas de alta tensión, así como centros de transformación.

1.2 DISPOSICIONES GENERALES

El contratista está obligado al cumplimiento de la Reglamentación de Trabajo correspondiente, la contratación del Seguro Obligatorio, Subsidio familiar y de vejez, Seguro de enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en lo sucesivo se dicten. En particular, deberá cumplir lo dispuesto en la Norma UNE 24042 "Contratación de Obras. Condiciones Generales", siempre que no lo modifique el presente Pliego de Condiciones.

El contratista deberá estar clasificado, según orden del Ministerio de Hacienda de 28 de marzo de 1968, en el Grupo, Subgrupo y Categoría correspondiente al Proyecto y que se fijará en caso de que proceda.

1.2.1 CONDICIONES FACULTATIVAS LEGALES

Las obras del Proyecto, además de lo prescrito en el presente Pliego de Condiciones, se regirán por lo especificada en:

a.- Código Civil, y en particular lo previsto en el art. 1.544 referente al arrendamiento de obras y servicios.

b.- Estatuto de los trabajadores, Ley 8/1980 de 10 de marzo. Mención especial.

Art.42: Responsabilidad empresarial en caso de subcontrata de obras o servicios.

Art.43: Cesión de trabajadores.

c.- Ley General de la Seguridad Social. Mención especial.

Art. 68: Cotización a la Seguridad Social.

Art. 97: Supuestos especiales de responsabilidad en orden a las prestaciones.

d.- Ley 8/1988 de 7 de abril, especialmente:

Art.- 8: Califica como infracción muy grave la cesión de trabajadores en términos prohibidos por la legislación vigente.

Art. 40 Responsabilidad empresarial por infracción de los art. 42 y 44 del Estatuto de los Trabajadores.

e.- Ordenanza General de seguridad e Higiene en el Trabajo, aprobada por Orden del 09-03-71, del M.T.

f.- Código Penal: Art. 499 bis, delitos contra la libertad y la regularidad en el trabajo.

g.- Orden de 2 de febrero de 1961 sobre prohibición de cargas a brazo que excedan de 80 Kp.

h.- Cuantos preceptos sobre Seguridad e Higiene en el Trabajo contengan las Ordenanzas Laborales, Reglamentos de trabajo, Convenios Colectivos y Reglamentos de Régimen Interior en vigor.

1.2.2 SEGURIDAD EN EL TRABAJO

El contratista deberá prever cuanto fuese preciso para el mantenimiento de las maquinas, herramientas, materiales y útiles de trabajo en debidas condiciones de seguridad.

Mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos de tensión o en su proximidad, usarán ropas sin accesorios metálicos y evitarán el uso innecesario de objetos de metal; los metros, reglas, mangos de aceiteras, útiles limpiadores, etc. que se utilicen no deben ser de material conductor. Se llevarán las herramientas o equipos en bolsas y se utilizará calzado aislante o al menos sin herrajes ni clavos en las suelas.

El personal de la empresa viene obligado a usar todos los dispositivos y medios de protección personal, herramientas y prendas de seguridad exigidos para eliminar o reducir los riesgos profesionales tales como casco, gafas, banqueta aislante, etc. pudiendo el Director de Obra suspender los trabajos, si estima que el personal de la Contrata está expuesto a peligros que son corregibles.

El director de Obra podrá exigir del Contratista, ordenándolo por escrito, el cese en la obra de cualquier empleado u obrero que, por imprudencia temeraria, fuera capaz de producir accidentes que hiciesen peligrar la integridad física del propio trabajador o de sus compañeros.

El Director de Obra podrá exigir al Contratista, en cualquier momento, antes o después de la iniciación de los trabajos, que presente los documentos acreditativos de haber formalizados los regímenes de Seguridad Social de todo tipo (afiliación, enfermedad, etc.) en la forma legalmente establecida.

1.2.3 SEGURIDAD PÚBLICA

El Contratista deberá tomar todas las precauciones máximas en todas las operaciones y usos de equipos para proteger a las personas, animales y objetos de los peligros procedentes del trabajo, siendo de su cuenta las responsabilidades que por tales accidentes se ocasionen.

El Contratista mantendrá póliza de seguros que proteja suficientemente a él y a sus empleados u obreros frente a las responsabilidades por daños o responsabilidad civil. En que uno u otro pudieran incurrir para con el Contratista o para terceros, como consecuencia de la ejecución de los trabajos.

1.3 ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO

El Contratista ordenará los trabajos en la forma más eficaz para la perfecta ejecución de los mismos y las obras se realizarán siguiendo las indicaciones del Director de Obra, al amparo de las siguientes condiciones.

1.3.1 DATOS DE LA OBRA

Se entregará al Contratista una copia de los planos y pliego de condiciones del Proyecto, así como cuantos planos o datos necesite para la completa ejecución de la Obra.

El Contratista podrá tomar nota y sacar copia a su costa de la Memoria, Presupuesto y Anexos del Proyecto, así como segundas copias de todos los documentos.

El Contratista se hace responsable de la buena conservación de los originales de donde obtendrá las copias, los cuales serán devueltos al Director de Obra después de su utilización.

Por otra parte, en un plazo máximo de dos meses, después de la terminación de los trabajos, el Contratista deberá actualizar los diversos planos y documentos existentes, de acuerdo con las características de la obra terminada, entregando al Director de Obra dos expedientes completos relativos a los trabajos realmente ejecutados.

No se harán por el Contratista alteraciones, correcciones, omisiones, adiciones o variaciones substanciales en los datos fijados en el Proyecto, salvo aprobación previa por escrito del Director de Obra.

1.3.2 REPLANTEO DE LA OBRA

El Director de Obra, una vez que el Contratista esté en posesión del Proyecto y antes de comenzar las obras, deberá hacer el replanteo de las mismas, con especial atención en los puntos singulares, entregando al Contratista las referencias y datos necesarios para fijar completamente la ubicación de las mismas.

Se levantará por duplicado Acta, en la que constarán, claramente, los datos entregados, firmada por el Director de obra y por el representante del Contratista.

Los gastos de replanteo serán de cuenta del Contratista.

1.3.3 MEJORAS Y VARIACIONES DEL PROYECTO

No se considerarán como mejoras ni variaciones del Proyecto más que aquellas que hayan sido ordenadas expresamente por escrito por el Director de Obra y convenido precio antes de proceder a su ejecución.

Las obras accesorias, no incluidas en los precios de adjudicación, podrán ejecutarse con personal independiente del Contratista.

1.3.4 RECEPCIÓN DEL MATERIAL

El Director de Obra de acuerdo con el Contratista dará a su debido tiempo su aprobación sobre el material suministrado y confirmará que permite una instalación correcta.

La vigilancia y conservación del material suministrado será por cuenta del Contratista.

1.3.5 ORGANIZACIÓN

El Contratista actuará de patrono legal, aceptando todas las responsabilidades correspondientes y quedando obligado al pago de los salarios y cargas que legalmente están establecidas, y en general, a todo cuanto se legisle, decrete u ordene sobre el particular antes o durante la ejecución de la obra.

Dentro de lo estipulado en el Pliego de Condiciones, la organización de la obra, así como la determinación de la procedencia de los materiales que se empleen, estará a cargo del Contratista a quien corresponderá la responsabilidad de la seguridad contra accidentes.

El Contratista deberá, sin embargo, informar al Director de Obra de todos los planes de organización técnica de la Obra, así como de la procedencia de los materiales y cumplimentar cuantas ordenes le dé éste en relación con datos extremos.

En las obras por Administración, el Contratista deberá dar cuenta diaria al Director de Obra de la admisión de personal, compra de materiales, adquisición o alquiler de elementos auxiliares y cuantos gastos haya de efectuar. Para los contratos de trabajo, compra de material o alquiler de elementos auxiliares, cuyos salarios, precios o cuotas sobrepasen en más de un 5 % de los normales del mercado, solicitará la aprobación previa del Director de Obra, quien deberá responder dentro de los ocho días siguientes a la petición, salvo casos de reconocida urgencia, en los que dará cuenta lo antes posible.

1.3.6 EJECUCIÓN DE OBRAS

Las obras se ejecutarán conforme al Proyecto y a las condiciones contenidas en este Pliego de Condiciones y en el Pliego Particular si lo hubiera y de acuerdo con las especificaciones señaladas en el de Condiciones Técnicas.

El Contratista, salvo aprobación por escrito del Director de Obra, no podrá hacer ninguna alteración de cualquier naturaleza tanto en la ejecución de la obra en relación con el Proyecto como en las Condiciones Técnicas especificadas, sin perjuicio de lo que en cada momento pueda ordenarse por el Director de Obra a tenor de lo dispuesto anteriormente.

El Contratista no podrá utilizar en los trabajos personal que no sea de su exclusiva cuenta y cargo.

Igualmente será de su exclusiva cuenta y cargo aquel personal ajeno al propiamente manual y que sea necesario para el control administrativo del mismo.

El Contratista deberá tener al frente de los trabajos un técnico suficientemente especializado a juicio del Director de Obra.

1.3.7 SUBCONTRATACIÓN DE OBRAS

Salvo que el contrato disponga lo contrario o que de su naturaleza y condiciones se deduzca que la Obra ha de ser ejecutada directamente por el adjudicatario, podrá éste concertar con terceros la realización de determinadas unidades de obra.

La celebración de los subcontratos estará sometida al cumplimiento de los siguientes requisitos:

- a) Que se de conocimiento por escrito al Director de Obra y del subcontrato a celebrar, con indicación de las partes de obra a realizar y sus condiciones económicas, a fin de que aquel lo autorice previamente.
- b) Que las unidades de obra que el adjudicatario contrata con terceros no excedan del 50% del presupuesto total de la obra principal.

En cualquier caso, el contratante no queda vinculado en absoluto ni reconocerá ninguna obligación contractual entre él y el subcontratista y cualquier subcontratación de obras no eximirá al Contratista de ninguna de sus obligaciones respecto al Contratante.

1.3.8 PLAZO DE EJECUCIÓN

Los plazos de ejecución, total y parciales, indicados en el contrato, se empezarán a contar a partir de la fecha de replanteo.

El Contratista estará obligado a cumplir con los plazos que se señalen en el contrato para la ejecución de las obras y que serán improrrogables.

No obstante, los plazos podrán ser objeto de modificaciones cuando así resulte por cambios determinados por el Director de Obra debidos a exigencias de la realización de las obras y siempre que tales cambios influyan realmente en los plazos señalados en el contrato.

Si por cualquier causa, ajena por completo al Contratista, no fuera posible empezar los trabajos en la fecha prevista o tuvieran que ser suspendidos una vez empezados, se concederá por el Director de Obra, la prórroga estrictamente necesaria.

1.3.9 RECEPCIÓN PROVISIONAL

Una vez terminadas las obras y a los quince días siguientes a la petición del Contratista se hará la recepción provisional de las mismas por el Contratante, requiriendo para ello la presencia del Director de Obra y del representante del Contratista, levantándose la correspondiente Acta, en la que se hará constar la conformidad con los trabajos realizados, si este es el caso. Dicho Acta será firmado por el Director de Obra y el representante del Contratista, dándose la obra por recibida si se ha ejecutado correctamente de acuerdo con las especificaciones

dadas en el Pliego de Condiciones Técnicas y en el Proyecto correspondiente, comenzándose a contar el plazo de garantía.

En el caso de no hallarse la obra en estado de ser recibida, se hará constar así en el Acta y se darán al Contratista las instrucciones precisas y detalladas para remediar los defectos observados, fijándose un plazo de ejecución. Expirado dicho plazo, se hará un nuevo reconocimiento. Las obras de reparación serán por cuenta y cargo del Contratista. Si el Contratista no cumpliera estas prescripciones podrá declararse rescindido el contrato con pérdida de la fianza.

La forma de recepción se indica en el Pliego de Condiciones Técnicas correspondiente.

1.3.10 PERÍODOS DE GARANTÍA

El período de garantía será el señalado en el contrato y empezará a contar desde la fecha de aprobación del Acta de Recepción.

Hasta que tenga lugar la recepción definitiva, el Contratista es responsable de la conservación de la obra, siendo de su cuenta y cargo las reparaciones por defectos de ejecución o mala calidad de los materiales.

Durante este período, el Contratista garantizará al Contratante contra toda reclamación de terceros, fundada en causa y por ocasión de la ejecución de la Obra.

1.3.11 RECEPCIÓN DEFINITIVA

Al terminar el plazo de garantía señalado en el contrato o en su defecto a los seis meses de la recepción provisional, se procederá a la recepción definitiva de las obras, con la concurrencia del Director de Obra y del representante del Contratista levantándose el Acta correspondiente por duplicado (si las obras son conformes), que quedará firmada por el Director de Obra y el representante del Contratista y ratificada por el Contratante y el Contratista.

1.3.12 PAGO DE OBRAS

El pago de las obras realizadas se hará sobre Certificaciones parciales que se practicarán mensualmente. Dichas Certificaciones contendrán solamente las unidades de obra totalmente terminadas que se hubieran realizado en el plazo a que se refieran. La relación valorada que figura en las Certificaciones, se hará con arreglo a los precios establecidos, reducidos en un 10% y con la cubicación, planos y referencias necesarias para su comprobación.

Serán de cuenta del Contratista las operaciones necesarias para medir unidades ocultas o enterradas, si no se ha advertido al Director de Obra oportunamente para su medición.

La comprobación, aceptación o reparos deberán quedar terminadas por ambas partes en un plazo máximo de quince días.

El Director de Obra expedirá las Certificaciones de las obras ejecutadas que tendrán carácter de documentos provisionales a buena cuenta, rectificables por la liquidación definitiva o por cualquiera de las Certificaciones siguientes, no suponiendo por otra parte, aprobación de las obras ejecutadas y comprendidas en dichas Certificaciones.

1.3.13 ABONO DE MATERIALES ACOPIADOS

Cuando a juicio del Director de Obra no haya peligro que desaparezcan o se deterioren los materiales acopiados y reconocidos como útiles, se abonarán con arreglo a los precios descompuestos de la adjudicación. Dicho material será indicado por el Director de Obra que lo reflejará en el Acta de recepción, señalando el plazo de entrega en los lugares previamente indicados. El Contratista será responsable de los daños que se produzcan en la carga, transporte y descarga de este material.

La restitución de las bobinas vacías, caso de existir, se hará en el plazo de un mes, una vez que se haya instalado el cable que contenían. En el caso de retraso en su restitución, el Contratista se hará también cargo de los gastos suplementarios que puedan resultar.

1.4 DISPOSICIÓN FINAL

La concurrencia a cualquier Subasta, Concurso o Concurso-Subasta cuyo Proyecto incluya el presente Pliego de Condiciones Generales, presupone la plena aceptación de todas y cada una de sus cláusulas.

2. REDES SUBTERRÁNEAS. CONDICIONES TÉCNICAS

2.1 OBJETO

Este Pliego de Condiciones determina las condiciones mínimas aceptables para la ejecución de las obras de instalación de redes subterráneas de distribución de energía eléctrica.

2.2 CAMPO DE APLICACIÓN

Este Pliego de Condiciones se refiere al suministro e instalación de materiales necesarios en la ejecución de redes subterráneas de Baja Tensión y de Media Tensión.

Los Pliegos de Condiciones particulares podrán modificar las presentes prescripciones.

2.3 EJECUCIÓN DEL TRABAJO

Corresponde al Contratista la responsabilidad en la ejecución de los trabajos que deberán realizarse conforme a las reglas dictadas durante el desarrollo del trabajo.

2.3.1 TRAZADO

Las canalizaciones, salvo casos de fuerza mayor, se ejecutarán en terrenos de dominio público, bajo las aceras o calzadas, evitando ángulos pronunciados. El trazado será lo más rectilíneo posible, paralelo en toda su longitud a bordillos o fachadas de los edificios principales.

Antes de comenzar los trabajos, se marcarán en el pavimento las zonas donde se abrirán las zanjas, marcando tanto su anchura como su longitud y las zonas donde se dejen llaves para la contención del terreno. Si ha habido posibilidad de conocer las acometidas de otros servicios a las fincas construidas, se indicarán sus situaciones con el fin de tomar las precauciones debidas.

Antes de proceder a la apertura de las zanjas se abrirán calas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto.

Se estudiará la señalización de acuerdo con las normas municipales y se determinarán las protecciones precisas tanto de las zanjas como de los pasos que sean necesarios para los accesos a los portales, comercios, garajes, etc. así como las chapas de hierro que hayan de colocarse sobre la zanja para el paso de vehículos.

Al marcar el trazado de las zanjas se tendrá en cuenta el radio mínimo que hay que dejar en la curva con arreglo a la sección del conductor o conductores que se vayan a canalizar.

2.3.2 APERTURA DE ZANJAS

Las zanjas se harán verticales hasta la profundidad escogida, colocándose entibaciones en los casos en que la naturaleza del terreno lo haga preciso.

Se procurará dejar un paso de 50 cm. entre la zanja y las tierras extraídas, con el fin de facilitar la circulación del personal de la obra y evitar la caída de tierras en la zanja.

Se deben tomar todas las precauciones precisas para no tapar con tierras registros de gas, teléfono, bocas de riego o alcantarillado.

Durante la ejecución de los trabajos en la vía pública se dejarán pasos suficientes para vehículos y peatones, así como los accesos a los edificios, comercios y garajes. Si es necesario interrumpir la circulación, se precisará una autorización especial.

Las dimensiones mínimas de las zanjas serán las indicadas en los planos de detalle.

2.3.3 CANALIZACIÓN

Los cruces de vías públicas o privadas se realizarán con tubos, ajustándose a las siguientes condiciones:

- a) Se colocarán en posición horizontal y recta y estarán hormigonados en toda su longitud.
- b) Deberán preverse para futuras ampliaciones uno o varios tubos de reserva dependiendo del número de la zona y situación del cruce (en cada caso se fijará el número de tubos de reserva).
- c) Los extremos de los tubos en los cruces llegarán hasta los bordillos de las aceras, debiendo construirse en los extremos un tabique para su fijación.
- d) En las salidas, el cable se situará en la parte superior del tubo, cerrando los orificios con yeso.
- e) Siempre que la profundidad de zanja bajo la calzada sea inferior a 80 cm. en el caso de B.T. o 100 cm. en el caso de A.T. se utilizarán chapas o tubos de hierro u otros dispositivos que aseguren una resistencia mecánica equivalente, teniendo en cuenta que dentro del mismo tubo deberán colocarse las tres fases y neutro de B.T.
- f) Los cruces de vías férreas, cursos de agua, etc. deberán proyectarse con todo detalle.

Zanja

Cuando en una zanja coincidan cables de distintas tensiones se situarán en bandas horizontales a distinto nivel de forma que en cada banda se agrupen cables de igual tensión.

La separación entre dos bandas de cables de cables será como mínimo de 20 cm.

La separación entre dos cables multipolares o ternas de cables unipolares dentro de una misma banda será como mínimo de 20 cm.

La profundidad de las respectivas bandas de cables dependerá de las tensiones, de forma que la mayor profundidad corresponda a la mayor tensión.

Cable directamente enterrado

En el lecho de la zanja irá una capa de arena de 10 cm. de espesor sobre la que se colocará el cable. Por encima del cable irá otra capa de arena de 10 cm. de espesor. Ambas capas cubrirán la anchura total de la zanja.

La arena que se utilice para la protección de los cables será limpia, suelta y áspera, exenta de sustancias orgánicas, arcilla o partículas terrosas, para lo cual se tamizará o lavará convenientemente si fuera necesario. Se empleará arena de mina o de río indistintamente, siempre que reúna las condiciones señaladas anteriormente y las dimensiones de los granos serán de 2 o 3 mm. como máximo.

Cuando se emplee la arena procedente de la misma zanja, además de necesitar la aprobación del Director de Obra, será necesario su cribado.

Los cables deben estar enterrados a profundidad no inferior a 0,6 m. Salvo casos especiales los eventuales obstáculos deben ser evitados pasando el cable por debajo de los mismos.

Todos los cables deben tener una protección (Placas de PVC, ladrillos, medias cañas, tejas, losas de piedra, etc. formando bovedillas) que sirva para indicar su presencia durante eventuales trabajos de excavación.

Cable entubado

El cable en parte o en todo su recorrido irá en el interior de tubos de PVC, cemento, fibrocemento, fundición de hierro, etc. de superficie interna lisa, siendo su diámetro interior no inferior a 1,6 veces el diámetro del cable o del haz de cables. Los tubos estarán hormigonados en todo su recorrido o simplemente con sus uniones recibidas con cemento, en cuyo caso, para permitir su unión correcta, el fondo de la zanja en la que se alojen deberá ser nivelado cuidadosamente después de echar una capa de arena fina o tierra cribada.

Se debe evitar posible acumulación de agua o de gas a lo largo de la canalización situando convenientemente pozos de escape en relación al perfil altimétrico.

En los tramos rectos, cada 15 ó 20 m, según el tipo de cable, para facilitar su tendido se dejarán calas abiertas de una longitud mínima de 2 m. en las que se interrumpirá la continuidad de la tubería. Una vez tendido el cable, estas calas se taparán cubriendo previamente el cable con canales o medios tubos recibiendo sus uniones con cemento.

En los cambios de dirección se construirán arquetas de hormigón o ladrillo, siendo sus dimensiones las necesarias para que el radio de curvatura de tendido sea como mínimo 20 veces el diámetro exterior del cable. No se admitirán ángulos inferiores a 90° y aún estos se limitarán a los indispensables. En general los

cambios de dirección se harán con ángulos grandes, siendo la longitud mínima de la arqueta 2 m.

En la arqueta los tubos quedarán a unos 25 cm. por encima del fondo para permitir la colocación de rodillos en las operaciones de tendido. Una vez tendido el cable los tubos se taponarán con yeso de forma que el cable quede situado en la parte superior del tubo. La arqueta se rellenará con arena hasta cubrir el cable como mínimo.

La situación de los tubos en la arqueta será la que permita el máximo radio de curvatura.

Las arquetas podrán ser registrables o cerradas. En el primer caso deberán tener tapas metálicas o de hormigón armado provistas de argollas o ganchos que faciliten su apertura. El fondo de estas arquetas será permeable, de forma que permita la filtración del agua de lluvia.

Si las arquetas no son registrables se cubrirán con los materiales necesarios.

Cruzamientos y paralelismos

El cruce de líneas subterráneas con ferrocarriles o vías férreas deberá realizarse siempre bajo tubo. Dicho tubo rebasará las instalaciones de servicio en una distancia de 1,50 m.

En el caso de cruzamientos entre dos líneas eléctricas subterráneas directamente enterradas, la distancia mínima a respetar será de 0,20 m.

El cruzamiento entre cables de energía y conducciones metálicas enterradas no debe efectuarse sobre la proyección vertical de las uniones no soldadas de la misma conducción metálica. No deberá existir ningún empalme sobre el cable de energía a una distancia inferior a 1 m.

La mínima distancia entre la generatriz del cable de energía y la de la conducción metálica no debe ser inferior a 0,30 m. Además, entre el cable y la conducción debe estar interpuesta una plancha metálica de 3 mm. de espesor como mínimo u otra protección mecánica equivalente, de anchura igual al menos el diámetro de la conducción y de todas formas no inferior a 0,5 m.

Análoga medida de protección debe aplicarse en el caso de que no sea posible tener el punto de cruzamiento a distancia igual o superior a 1 m. de un empalme del cable.

En el paralelismo entre cables de energía y conducciones metálicas enterradas se debe mantener en todo caso una distancia mínima en proyección horizontal de:

- 0,5 m. para gasoductos.
- 0,30 m. para otras conducciones.

Siempre que sea posible, en las instalaciones nuevas, la distancia en proyección horizontal entre cables de energía y conducciones metálicas enterradas colocadas paralelamente entre sí no debe ser inferior a:

a) 3 m. en el caso de conducciones a presión máxima igual o superior a 25 atm; dicho mínimo se reduce a 1 m. en el caso en que el tramo de conducción interesado esté contenido en una protección de no más de 100 m.

b) 1 m. en el caso de conducciones a presión máxima inferior a 25 atm.

En el caso de cruzamiento entre líneas eléctricas subterráneas y líneas de telecomunicación subterránea el cable de energía debe, normalmente, estar situado por debajo del cable telecomunicación. La distancia mínima entre la generatriz externa de cada uno de los dos cables no debe ser inferior a 0,50 m. El cable colocado superiormente debe estar protegido por un tubo de hierro de 1 m. de largo como mínimo y de tal forma que se garantice que la distancia entre las generatrices exteriores de los cables, en las zonas no protegidas, sea mayor que la mínima establecida en el caso de paralelismo, que se indica a continuación medida en proyección horizontal. Dicho tubo de hierro debe estar protegido contra la corrosión y presentar una adecuada resistencia mecánica; su espesor no será inferior a 2 mm.

En donde por justificadas exigencias técnicas no pueda ser respetadas la mencionada distancia mínima, sobre el cable inferior debe ser aplicada una protección análoga o la indicada para el cable superior. En todo caso la distancia mínima entre los dos dispositivos de protección no debe ser inferior a 0,10 m. El cruzamiento no debe efectuarse en correspondencia con una conexión del cable de telecomunicación, y no debe haber empalmes sobre el cable de energía en una distancia inferior a 1 m.

En el caso de paralelismo entre líneas eléctricas subterráneas y líneas de telecomunicación subterráneas, estos cables deben estar a la mayor distancia posible entre sí.

En donde existan dificultades técnicas importantes, se puede admitir, excepto en lo indicado posteriormente, una distancia mínima en proyección sobre un plano horizontal, entre los puntos más próximos de las generatrices de los cables, no inferior a 0,5 m. en cables interurbanos o a 0,30 m. en cables urbanos.

Se puede admitir incluso una distancia mínima de 0,15 m. a condición de que el cable de energía sea fácil y rápidamente separado, y eficazmente protegido mediante tubos de hierro de adecuada resistencia mecánica y 2 mm. de espesor como mínimo, protegido contra la corrosión. En el caso de paralelismo con cables de comunicación interurbana, dicha protección se refiere también a estos últimos.

Estas protecciones pueden no utilizarse, respetando la distancia mínima de 0,15 m., cuando el cable de energía se encuentra en una cota inferior a 0,50 m. respecto a la del cable de telecomunicación.

Las reducciones mencionadas no se aplican en el caso de paralelismo con cables coaxiales, para los cuales es taxativa la distancia mínima de 0,50 m. medida sobre la proyección horizontal.

En cuanto a los fenómenos inductivos debidos a eventuales defectos en los cables de energía, la distancia mínima entre los cables o la longitud máxima de los cables situados paralelamente está limitada por la condición de que la f.e.m. inducida sobre el cable de telecomunicación no supere el 60% de la mínima tensión de prueba a tierra de la parte de la instalación metálicamente conectada al cable de telecomunicación.

En el caso de galerías practicables, la colocación de los cables de energía y de telecomunicación se hace sobre apoyos diferentes, con objeto de evitar cualquier posibilidad de contacto directo entre los cables.

2.3.4 TRANSPORTE DE BOBINAS DE CABLES

La carga y descarga, sobre camiones o remolques apropiados, se hará siempre sobre una barra adecuada que pase por el orificio central de la bobina.

Bajo ningún concepto se podrá retener la bobina con cuerdas, cables o cadenas que abracen la bobina y se apoyen sobre la capa exterior del cable enrollado; asimismo no se podrá dejar caer la bobina al suelo desde un camión o remolque.

Cuando se desplace la bobina por tierra rodándola, habrá que fijarse en el sentido de rotación, generalmente indicado con una flecha, con el fin de evitar que se afloje el cable enrollado en la misma.

Las bobinas no deben almacenarse sobre un suelo blando.

Antes de empezar el tendido del cable se estudiará el lugar más adecuado para colocar la bobina con objeto de facilitar el tendido. En el caso de suelo con pendiente es preferible realizar el tendido en sentido descendente.

Para el tendido la bobina estará siempre elevada y sujeta por barra y gatos adecuados al peso de la misma y dispositivos de frenado.

2.3.5 TENDIDO DE CABLES

Los cables deben estar siempre desenrollados y puestos en su sitio con el mayor cuidado evitando que sufran torsión, hagan bucles, etc. y teniendo siempre en cuenta que el radio de curvatura del cable debe ser superior a 20 veces su diámetro durante su tendido y superior a 10 veces su diámetro una vez instalado. En todo caso el radio de curvatura del cable no debe ser inferior a los valores indicados en las Normas UNE correspondientes relativas a cada tipo de cable.

Cuando los cables se tiendan a mano los operarios estarán distribuidos de una manera uniforme a lo largo de la zanja.

También se puede tender mediante cabestrantes tirando del extremo del cable al que se le habrá adaptado una cabeza apropiada y con un esfuerzo de tracción por milímetro cuadrado de conductor que no debe pasar del indicado por el fabricante

del mismo. Será imprescindible la colocación de dinamómetros para medir dicha tracción.

El tendido se hará obligatoriamente por rodillos que puedan girar libremente y contruidos de forma que no dañen el cable.

Durante el tendido se tomarán precauciones para evitar que el cable no sufra esfuerzos importantes, ni golpes ni rozaduras.

No se permitirá desplazar lateralmente el cable por medio de palancas y otros útiles; deberá hacerse siempre a mano.

Sólo de manera excepcional se autorizará desarrollar el cable fuera de la zanja, siempre bajo la vigilancia del Director de Obra.

Cuando la temperatura ambiente sea inferior a cero grados no se permitirá hacer el tendido del cable debido a la rigidez que toma el aislamiento.

No se dejará nunca el cable tendido en una zanja abierta sin haber tomado antes la precaución de cubrirlo con una capa de 10 cm. de arena fina y la protección de rasilla.

La zanja en toda su longitud deberá estar cubierta por una capa de arena fina en el fondo antes de proceder al tendido del cable.

En ningún caso se dejarán los extremos del cable en la zanja sin haber asegurado antes una buena estanqueidad de los mismos.

Cuando dos cables que se canalicen vayan a ser empalmados, se solaparán al menos en una longitud de 0,50 m.

Las zanjas se recorrerán con detenimiento antes de tender el cable para comprobar que se encuentran sin piedras u otros elementos duros que puedan dañar a los cables en su tendido.

Si con motivo de las obras de canalización aparecieran instalaciones de otros servicios; se tomará todas las precauciones para no dañarlas, dejándolas al terminar los trabajos en las mismas condiciones en que se encontraban primitivamente.

Si involuntariamente se causara alguna avería en dichos servicios, se avisará con toda urgencia al Director de Obra y a la Empresa correspondiente con el fin de que procedan a su reparación. El encargado de la obra por parte del Contratista deberá conocer la dirección de los servicios públicos así como su número de teléfono, para comunicarse en caso de necesidad.

Si las pendientes son muy pronunciadas y el terreno es rocoso e impermeable, se corre el riesgo de que la zanja de canalización sirva de drenaje originando un arrastre de la arena que sirve de lecho o los cables. En este caso se deberá entubar la canalización asegurada con cemento en el tramo afectado.

En el caso de canalizaciones con cables unipolares:

a) Se recomienda colocar en cada metro y medio por fase y en el neutro unas vueltas de cinta adhesiva para indicar el color distintivo de dicho conductor.

b) Cada metro y medio, envolviendo las tres fases de M.T. o las tres fases y el neutro de B.T., se colocará una sujeción que agrupe dichos conductores y los mantenga unidos.

Nunca se pasarán dos circuitos de M.T., bien cables tripolares o bien cables unipolares, por un mismo tubo.

Se evitarán en lo posible las canalizaciones con grandes tramos entubados y si esto no fuera posible se construirán arquetas intermedias en los lugares marcados en el Proyecto o, en su defecto, donde señale el Director de Obra.

Una vez tendido el cable los tubos se taparán con yeso, de forma que el cable quede en la parte superior del tubo.

2.3.6 PROTECCIÓN MECÁNICA

Las líneas eléctricas subterráneas deben estar protegidas contra posibles averías producidas por hundimiento de tierras, por contacto de cuerpos duros y por choque de herramientas metálicas. Para ello se colocará una placa de PVC o una capa protectora de rasilla o ladrillo, siendo su anchura de 25 cm. cuando se trate de proteger un sólo cable. La anchura se incrementará en 12,5 cm. por cada cable que se añade en la misma capa horizontal.

Los ladrillos o rasillas serán cerámicos y duros.

2.3.7 SEÑALIZACIÓN

Todo cable o conjunto de cables debe estar señalizado por una cinta de atención de acuerdo con la Recomendación UNESA 0205 colocada como mínimo a 0,20 m. por encima del ladrillo. Cuando los cables o conjuntos de cables de categorías de tensión diferentes estén superpuestos, debe colocarse dicha cinta encima de cada uno de ellos.

2.3.8 IDENTIFICACIÓN

Los cables deberán llevar marcas que indiquen el nombre del fabricante, el año de fabricación y sus características.

2.3.9 CIERRE DE ZANJAS

Una vez colocadas al cable las protecciones señaladas anteriormente, se rellenará toda la zanja con tierra de excavación apisonada, debiendo realizarse los veinte primeros centímetros de forma manual, y para el resto deberá usarse apisonado mecánico.

El cierre de las zanjas deberá hacerse por capas sucesivas de 10 cm. de espesor, las cuales serán apisonadas y regadas si fuese necesario con el fin de que quede suficientemente consolidado el terreno.

El Contratista será responsable de los hundimientos que se produzcan por la deficiente realización de esta operación y, por lo tanto, serán de su cuenta las posteriores reparaciones que tengan que ejecutarse.

La carga y transporte a vertederos de las tierras sobrantes está incluida en la misma unidad de obra que el cierre de las zanjas con objeto de que el apisonado sea lo mejor posible.

2.3.10 REPOSICIÓN DE PAVIMENTOS

Los pavimentos serán repuestos de acuerdo con las normas y disposiciones dictadas por el propietario de los mismos.

Deberá lograrse una homogeneidad de forma que quede el pavimento nuevo lo más igualado posible al antiguo, haciendo su reconstrucción por piezas nuevas si está compuesto por losas, adoquines, etc.

En general se utilizarán materiales nuevos salvo las losas de piedra, adoquines, bordillos de granito y otros similares.

2.3.11 PUESTA A TIERRA

Todas las pantallas en M.T. de los cables deber estar puestas a tierra al menos en los extremos de cada cable.

Si los cables son unipolares o las pantallas en M.T. están aisladas con una cubierta no metálica, la puesta a tierra puede ser realizada en un sólo extremo, con tal de que en el otro extremo y en conexión con el empalme se adopten protecciones contra la tensión de contacto de las pantallas del cable.

Cuando las tomas de tierra de pararrayos de edificios importantes se encuentren bajo la acera, próximas a cables eléctricos en que las envueltas no están conectadas en el interior de los edificios con la bajada del pararrayos conviene tomar alguna de las precauciones siguientes:

- a) Interconexión entre la bajada del pararrayos y las envueltas metálicas de los cables.
- b) Distancia mínima de 0,50 m. entre el conductor de toma de tierra del pararrayos y los cables o bien interposición de entre ellos de elementos aislantes.

2.3.12 TENSIONES TRANSFERIDOS EN MT

Con motivo de un defecto a masa lejano y con objeto de evitar la transmisión de tensiones peligrosas en el tendido de cables por galería, las pantallas metálicas de los cables se pondrán a tierra cada 40 ó 50 m. y al realizar cada una de las cajas de empalme y en las cajas terminales.

2.3.13 MONTAJES DIVERSOS

La instalación de herrajes, cajas terminales y de empalme, etc., deben realizarse siguiendo las instrucción y norma del fabricante.

En el caso de uniones en M.T. de cajas terminales a seccionador o interruptor, los vanos serán cortos de forma que los esfuerzos electrodinámicos que puedan producirse no sean ocasión de cortocircuito entre fases.

Armario de distribución

La fundación de los armarios estará como mínimo a 15 cm. de altura sobre el nivel del suelo.

Al preparar esta fundación se dejarán los tubos o taladros necesarios para el posterior tendido de los cables, colocándolos con la mayor inclinación posible para conseguir que la entrada de cables a los tubos quede siempre 50 cm. como mínimo por debajo de la rasante del suelo.

2.4 MATERIALES

Los materiales empleados en la instalación serán entregados por el contratista siempre que no se especifique lo contrario en el Pliego de Condiciones Particulares.

No se podrán emplear materiales que no hayan sido aceptados previamente por el Director de Obra.

Se realizarán cuantos ensayos y análisis indique el Director de Obra, aunque no estén indicados en este Pliego de Condiciones. Los cables instalados serán los que figuran en el Proyecto y deberán estar de acuerdo con las Recomendaciones UNESA y las Normas UNE correspondientes.

2.5 RECEPCIÓN DE OBRA

Durante la obra o una vez finalizada la misma el Director de Obra podrá verificar que los trabajos realizados están de acuerdo con las especificaciones de este Pliego de Condiciones. Esta verificación se realizará por cuenta del Contratista.

Una vez finalizadas las instalaciones el Contratista deberá solicitar la oportuna recepción global de la Obra.

En la recepción de la instalación se incluirá la medición de la conductividad de las tomas de tierra y las pruebas de aislamiento según la norma establecida en la Norma UNE relativa a cada tipo de cable.

El Director de Obra contestará por escrito al Contratista, comunicando su conformidad a la instalación o condicionando su recepción a la modificación de los detalles que estime susceptibles de mejora.

3. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS DEL CT

3.1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Este Pliego de Condiciones determina las condiciones técnicas mínimas aceptables para la ejecución de las obras de montaje de centros de transformación de superficie, subterráneos y de intemperie sobre apoyo, según corresponda.

Esta obra se refiere al suministro e instalación de los materiales necesarios en la construcción de centros de transformación de superficie y subterráneos.

3.2 EJECUCIÓN DEL TRABAJO

Corresponde al Contratista la responsabilidad de la ejecución de los trabajos que deberán realizarse conforme a las reglas establecidas.

3.2.1 EMPLAZAMIENTO

El lugar elegido para la construcción del Centro de Transformación debe permitir la colocación y reposición de todos los elementos del mismo, concretamente los que son pesados y grandes, como transformadores. Los accesos al centro deben tener las dimensiones adecuadas para permitir el paso de dichos elementos.

El emplazamiento del centro debe ser tal que esté protegido de inundaciones y filtraciones.

En el caso de terrenos inundables el suelo del centro debe estar, como mínimo, 0,20 m por encima del máximo nivel de aguas conocido, o si no al centro debe proporcionársele una estanqueidad perfecta hasta dicha cota.

El local que contiene el centro debe estar construido en su totalidad con materiales incombustibles.

3.2.2 EXCAVACIÓN

Las dimensiones de las excavaciones se ajustarán lo más posible a las dadas en el Proyecto o en su defecto a las indicadas por el Director de Obra. Las paredes de los hoyos serán verticales.

Cuando sea necesario variar el volumen de la excavación, se hará de acuerdo con el Director de Obra.

El Contratista tomará las disposiciones convenientes para dejar el menor tiempo posible abiertas las excavaciones, con objeto de evitar accidentes.

Las excavaciones se harán con los útiles apropiados según el tipo de terreno. En terrenos rocosos será imprescindible el uso de explosivos o martillo compresor, siendo por cuenta del Contratista la obtención de los permisos de utilización de explosivos. En terrenos con agua deberá procederse a su desecado, procurando hormigonar después lo más rápidamente posible para evitar el riesgo de desprendimientos en las paredes del hoyo, aumentando así las dimensiones del mismo.

Cuando se empleen explosivos el Contratista deberá tomar las precauciones adecuadas para que en el momento de la explosión no se proyecten al exterior piedras que puedan provocar accidentes o desperfectos, cuya responsabilidad correría a cargo del propio Contratista.

3.2.3 TRANSPORTE Y ACOPIO A PIE DE HOYO

Los apoyos no serán arrastrados ni golpeados.

Los apoyos de hormigón se transportarán en góndola por carretera, hasta el almacén de obra y desde este punto, con carros especiales o elementos apropiados hasta el pie de hoyo.

Se tendrá especial cuidado en su manipulación ya que un golpe puede torcer o romper cualquiera de los angulares que lo componen, deteriorando su armado.

El Contratista tomará nota de los materiales recibidos dando cuenta al Director de Obra de las anomalías que se produzcan.

Cuando se transporten apoyos despiezados es conveniente que sus elementos vayan numerados, en especial las diagonales. Por ninguna causa los elementos que componen el apoyo se utilizarán como palanca o arriostamiento.

3.2.4 CIMENTACIÓN

Se realizarán de acuerdo con las características del centro.

La cimentación de los apoyos (sólo Centros Intemperie sobre apoyo) se realizará de acuerdo con el proyecto. Se empleará un hormigón cuya dosificación sea de 150 Kg.m³.

El amasado del hormigón se hará con hormigonera o si no sobre chapas metálicas, procurando que la mezcla sea lo más homogénea posible.

Tanto el cemento como los áridos serán medidos con elementos apropiados.

Los macizos sobrepasarán el nivel del suelo en unos 20 cm. La parte superior de este macizo estará terminada en forma de punta de diamante, a base de mortero rico en cemento, con una pendiente de un 10 % como mínimo de vierteaguas.

Se tendrá la precaución de dejar un conducto para poder colocar el cable de tierra de los apoyos, si ello fuese preciso. Este conducto deberá salir a unos 30 cm. bajo el nivel del suelo, y en la parte superior de la cimentación, junto a un angular o montante.

Arena

Puede proceder de ríos, canteras, etc. Debe ser limpia y no contener impurezas arcillosas u orgánicas. Será preferible la que tenga superficie áspera y de origen cuarzoso, desechando la de procedencia de terrenos que contengan mica o feldespato.

Piedra

Podrá proceder de canteras o de graveras de río. Siempre se suministrará limpia. Sus dimensiones podrán ser de entre 1 y 5 cm.

Se prohíbe el empleo de revoltón, es decir, piedra y arena unidos sin dosificación, así como cascotes o materiales blandos.

Cemento

Se utilizará cualquiera de los cementos Portland de fraguado lento.

En el caso de terreno yesoso se empleará cemento puzolánico.

Agua

Será de río o manantial, estando prohibido el empleo de la que procede de ciénagas.

Solera

Los suelos serán de hormigón armado y estarán previstos para las cargas fijas y rodantes que implique el material.

Salvo en los casos que el centro disponga del pavimento adecuado o que no lo necesite, se formará una solera de hormigón armado apoyada sobre las fundaciones y descansando sobre una capa de aren apisonada. Esta solera estará cubierta por una capa de mortero de cemento ruleteado. El hormigón estará dosificado a razón de $250 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ y el mortero de la capa a razón de $600 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Se prohíbe el empleo de la arena de escorias.

Se preverán, en lugares apropiados del centro, orificios para el paso del interior al exterior de los cables destinados a la toma de tierra de masas y del neutro de BT de los transformadores y cables de BT y MT. Los orificios estarán inclinados y desembocarán hacia el exterior a una profundidad de 0,40 m del suelo como mínimo.

También se preverán los agujeros de empotramiento para herrajes del equipo eléctrico y el emplazamiento de los carriles de rodamiento de los transformadores. Asimismo, se tendrán en cuenta los pozos de aceite, sus conductos de drenaje, las tuberías de gres o similares para conductores de tierra, registros para las tomas de tierra y canales para los cables de AT y BT.

3.2.5 CUBIERTA

La cubierta estará debidamente impermeabilizada de forma que no quede comprometida su estanqueidad, ni haya riesgo de filtraciones. Su cara interior podrá quedar como resulte después del desencofrado. No se efectuará en ella ningún empotramiento que comprometa su estanqueidad.

La cubierta estará calculada para soportar la sobrecarga que corresponda a su destino.

La cubierta, en el caso de casetas independientes, será de hormigón armado de 0,08 m de espesor como mínimo, sin contar la capa impermeabilizante. Sobresaldrá 15 cm por los lados del edificio. Tendrá la pendiente necesaria para permitir el deslizamiento de las aguas de lluvia. Debajo de la placa de hormigón se construirán dispositivos que eviten la adherencia del agua. La cubierta se calculará para una sobrecarga de 100 kg*m⁻². En regiones de grandes nieves será conveniente prever una capa de aislante térmico que evite la formación de gotas de agua.

3.2.6 TABIQUES

Serán de ladrillo o de hormigón armado. Los tabiques de ladrillo de 8 cm de espesor como mínimo y los de hormigón armado se construirán de forma que sus cantos queden terminados con perfiles U empotrados en los muros y en el suelo.

Al ejecutar los tabiques se tomarán las disposiciones convenientes para prever los emplazamientos de los herrajes o el paso de canalizaciones.

3.2.7 ENLUCIDO Y PINTURA

En los tabiques, los orificios para empotramiento se efectuarán antes de dar el enlucido.

Si es necesario, los muros interiores recibirán un enlucido con mortero de cemento. Se prohíben los enlucidos de yeso. Las puertas y recuadros metálicos estarán protegidos contra la oxidación.

3.2.8 VENTILACIÓN

Los locales estarán provistos de ventilación para evitar la condensación.

Normalmente se recurrirá a la ventilación natural que consistirá en una o varias tomas de aire del exterior, situadas a 0,20 m del suelo como mínimo, y en la parte opuesta una o varias salidas, situadas lo más altas posibles. Podrá utilizarse también la ventilación forzada.

La superficie libre útil de las aberturas será como mínimo de 0,22 m² por cada 100 kVA instaladas.

Las aberturas no darán sobre locales a temperatura elevada o que contengan polvo perjudicial, vapores corrosivos, líquidos, gases, vapores o polvos inflamables.

Las aberturas superiores de ventilación llevarán una persiana que impida la entrada de agua y junto a la misma, un dispositivo que impida el paso de insectos.

Las aberturas inferiores llevarán, además, una contrapersiana y se situarán preferentemente en las celdas de los transformadores de potencia.

3.2.9 PUERTAS

Las puertas de acceso al centro desde el exterior serán incombustibles y suficientemente rígidas; abrirán hacia afuera de forma que puedan abatirse sobre el muro de fachada.

3.2.10 IZADO DE APOYOS Y TRANSFORMADOR

La operación de izado de los apoyos debe realizarse de tal forma que ningún elemento sea solicitado excesivamente. En cualquier caso, los esfuerzos deben ser inferiores al límite elástico del material.

Por tratarse de postes pesados se recomienda sean izados con pluma o grúa evitando que el aparejo dañe las aristas o montantes del poste.

El transformador será izado con grúa siempre que sea posible. En los demás casos se utilizará un diferencial que se colgará del herraje auxiliar, desmontable, previsto a este efecto.

3.3 INSTALACIÓN ELÉCTRICA

3.3.1 ALIMENTACIÓN SUBTERRÁNEA

Los cables de alimentación subterránea entrarán en el centro, alcanzando la celda que corresponda, por un canal o tubo. Las secciones de estos canales o tubos permitirán la colocación de los cables con la mayor facilidad posible. Los tubos serán de superficie interna lisa, siendo su diámetro 1,6 veces el diámetro del cable como mínimo, y preferentemente de 15 cm. La disposición de los canales y tubos será tal que los radios de curvatura a que deban someterse los cables serán como mínimo igual a 10 veces su diámetro, con un mínimo de 0,60 m.

Después de colocados los cables se obstruirá el orificio de paso por un tapón al que, para evitar la entrada de roedores, se incorporarán materiales duros que no dañen el cable.

3.3.2 ALUMBRADO

El alumbrado artificial, siempre obligatorio, será de incandescencia.

Los focos luminosos estarán colocados sobre soportes rígidos y dispuestos de manera que los aparatos de seccionamiento no queden en una zona de sombra; permitirán además la lectura correcta de los aparatos de medida. Se situarán de tal manera que la sustitución de lámparas pueda efectuarse sin necesidad de interrumpir la media tensión y sin peligro para el operario.

Los interruptores de alumbrado se situarán en la proximidad de las puertas de acceso.

3.3.3 EMBARRADOS DE MT

Los embarrados y conexiones de MT estarán constituidos en general por conductores desnudos o cubiertos, soportados por aisladores de apoyo.

Los aisladores de apoyo soportarán una carga mínima de ensayo a flexión de 160 daN.

Las conexiones, derivaciones y empalmes se harán con elementos apropiados, que para conductores de cobre de sección circular se recomienda sean de apriete concéntrico. Los elementos de apriete con tornillos estarán provistos de

dispositivos que impidan el giro de los mismos y no constituyan puntos débiles a efectos de calentamiento y esfuerzos mecánicos.

3.3.4 CONEXIONADO DE BT

Las conexiones de BT se ajustarán a lo dispuesto en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Ningún circuito de BT se situará sobre la vertical de los circuitos de MT ni a menos de 45 cm en otro caso, excepto si se instalan tubos o pantallas metálicas de protección.

3.3.5 PUESTA A TIERRA

Las puestas a tierra se realizarán en la forma indicada en el Proyecto, debiendo cumplir estrictamente lo referente a separación de circuitos, forma de construcción y valores deseados para las puestas a tierra.

Circuito tierra de masas

A este circuito de tierra se unirán:

- Todas las partes metálicas del CT (herrajes, amarre, aparamenta, cuba del transformador, etc.).
- Las tomas de tierra de descargadores o pararrayos.

Circuito tierra de neutro del transformador

Se instalará una toma de tierra del neutro BT.

La separación mínima entre las tomas de tierra será de 20 m, recomendándose situar la toma de tierra de neutro de BT en el primer apoyo de la línea de BT.

Condiciones de los circuitos de puesta a tierra

- No se unirán al circuito de puesta a tierra, ni las puertas de acceso ni las ventanas metálicas de ventilación del centro.
- La conexión del neutro a su toma se efectuará, siempre que sea posible, antes del dispositivo de seccionamiento BT.
- En ninguno de los circuitos de puesta a tierra se colocarán elementos de seccionamiento.
- Cada circuito de puesta a tierra llevará un borne para la medida de la resistencia de tierra, situado en un punto fácilmente accesible.
- Los circuitos de tierra se establecerán de manera que se eviten los deterioros debidos a acciones mecánicas, químicas o de otra índole.
- La conexión del conductor de tierra con la toma de tierra se efectuará de manera que no haya peligro de aflojarse o soltarse.
- Los circuitos de puesta a tierra formarán una línea continua en la que no podrán incluirse en serie las masas del centro. Siempre la conexión de las masas se efectuará por derivación. Los conductores de tierra podrán ser de cobre y su sección no inferior a 35 mm² Cu o equivalente.

- Cuando la alimentación a un centro se efectúe por medio de cables subterráneos provistos de cubiertas metálicas, se asegurará la continuidad de éstas por medio de un conductor de cobre lo más largo posible, de sección no inferior a 50 mm². La cubierta metálica se unirá al circuito de puesta a tierra de las masas.
- La continuidad eléctrica entre un punto cualquiera de la masa y el conductor de puesta a tierra, en el punto de penetración en el suelo, satisfará la condición de que la resistencia eléctrica correspondiente sea inferior a 0,4 ohmios.

3.4 MATERIALES

Los materiales empleados en la instalación serán entregados por el Contratista siempre que no se especifique lo contrario en el Pliego de Condiciones Particulares.

3.4.1 RECONOCIMIENTO Y ADQUISICIÓN DE MATERIALES

No se podrán emplear materiales que no hayan sido aceptados previamente por el Director de Obra.

Se realizarán cuantos ensayos y análisis indique el director de Obra, aunque no estén indicados en este Pliego de Condiciones.

3.4.2 APOYOS

Los apoyos metálicos (sólo en CT's de Intemperie en apoyo) estarán contruidos con perfiles laminados de acero de los seleccionados por la Recomendación UNESA 6.704-B.

Los apoyos de hormigón cumplirán las características señaladas en la Recomendación

UNESA 6.703-B y en la norma UNE 21.080. Llevarán borna de puesta a tierra.

3.4.3 HERRAJES

Serán del tipo indicado en el Proyecto. Todos estarán galvanizados.

Los herrajes para las cadenas de anclaje cumplirán con la Recomendación UNESA 6.617-B.

En donde sea necesario adoptar disposiciones de seguridad se emplearán varillas preformadas.

3.4.4 AISLADORES

Los aisladores rígidos responderán a la Recomendación UNESA 6.612-C.

Los aisladores empleados en las cadenas de anclaje responderán a las especificaciones de la norma UNE 21.002.

En cualquier caso, el tipo de aislador será el que figura en el Proyecto.

3.4.5 CONDUCTORES

Serán los que figuran en el Proyecto y deberán estar de acuerdo con la Recomendación UNESA 3.401-E y con las especificaciones de la norma CEI-1.089.

3.4.6 RECEPCIÓN DE OBRA

Durante la obra, o una vez finalizada la misma, el Director de Obra podrá verificar que los trabajos realizados están de acuerdo con las especificaciones de este Pliego de Condiciones. Esta verificación se realizará por cuenta del Contratista.

Una vez finalizadas las instalaciones el Contratista deberá solicitar la oportuna recepción global de la obra.

En la recepción de la instalación se incluirá la medición de la conductividad de las tomas de tierra y las pruebas de aislamiento pertinentes.

El Director de Obra contestará por escrito al contratista comunicando su conformidad a la instalación o condicionando su recepción a la modificación de los detalles que estime susceptibles de mejora.

3.4.7 CALIDAD DE CIMENTACIÓN

El Director de Obra podrá encargar la ejecución de probetas de hormigón de forma cilíndrica de 15 cm. de diámetro y 30 cm. de altura, con objeto de someterlas a ensayos de compresión. El Contratista tomará a su cargo las obras ejecutadas con hormigón que hayan resultado de insuficiente calidad.

3.4.8 AISLAMIENTO

Consistirá en la medición de la resistencia de aislamiento del conjunto de la instalación y de los aparatos más importantes.

3.4.9 ENSAYO DIELECTRICO

Todo el material que forma parte del equipo eléctrico del centro deberá haber soportado por separado las tensiones de prueba a frecuencia industrial y a impulso tipo rayo.

Además, todo el equipo eléctrico de MT, deberá soportar durante 1 minuto, sin perforación ni contorneamiento, la tensión a frecuencia industrial correspondiente al nivel de aislamiento del centro.

Los ensayos se realizarán aplicando la tensión entre cada fase y masa, quedando las fases no ensayadas conectadas a masa.

3.4.10 INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA

Se comprobará la medida de las resistencias de tierra, las tensiones de contacto y de paso, la separación de los circuitos de tierra y el estado y resistencia de los circuitos de tierra.

ANEXO 2:

PRESUPUESTO

Índice

| | |
|--------------------------------------------------|----|
| 1. RED SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN | 83 |
| 1.1 OBRA CIVIL | 83 |
| 1.2 OBRA ELÉCTRICA | 83 |
| 2. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN | 83 |
| 2.1 OBRA CIVIL | 83 |
| 2.2 OBRA ELECTRICA | 84 |
| 2.3 RED DE TIERRAS..... | 85 |
| 3 MATERIALES DE SEGURIDAD Y COMPROBACIONES | 85 |
| 4 RESUMEN DE PRESUPUESTO | 86 |

1. RED SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN

1.1 OBRA CIVIL

| UNIDADES | DESCRIPCIÓN | MATERIALES | MANO DE OBRA | TOTAL |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| 9 | Zanja en suelo firme para canalización (m³) | 22,95 (2,55) | 513,45 (57,05) | 536,40 € |
| 9 | Nueva canalización (m): 2 tubos corrugados 160 mm | 2x19,44 (2,16) | 11,25 (1,25) | 50,13 € |
| 9 | Relleno envolvente de zanjas con grava de 20 a 30 mm de diámetro (m³) | 147,69 (16,41) | 13,41 (1,49) | 161,10 € |
| TOTAL | | | | 747,63 € |

**Entre paréntesis se indica el precio unitario de cada partida*

1.2 OBRA ELÉCTRICA

| UNIDADES | DESCRIPCIÓN | MATERIALES | MANO DE OBRA | TOTAL |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------|-----------------|
| 15 | Línea subterránea entubada de MT (en metros), conductor HEPRZ 3(1x240) mm² | 325,50 (21,70) | 21,45 (1,43) | 346,95 € |
| 4 | Ud. Terminación de interior (modular) para cable de MT de sección 95-240 mm² | 525,20 (131,30) | 11,72 (2,93) | 536,92 € |
| TOTAL | | | | 883,87 € |

**Entre paréntesis se indica el precio unitario de cada partida*

2. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

2.1 OBRA CIVIL

| UNIDADES | DESCRIPCIÓN | MATERIALES | MANO DE OBRA | TOTAL |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------|------------------|
| 28 | Compactado superficial de tierras antes de solera (m²) | 141,40 (5,05) | 64,40 (2,30) | 205,80 € |
| 28 | Solera de hormigón superficial de 20 cm de espesor, acera perimetral incluida (m²) | 429,52 (15,34) | 202,16 (7,22) | 631,68 € |
| 1 | Centro de transformación prefabricado monobloque, incluyendo transporte y totalmente montado | 5877,08 | 77,74 | 5954,82 € |
| TOTAL | | | | 6792,30 € |

**Entre paréntesis se indica el precio unitario de cada partida*

2.2 OBRA ELECTRICA

| UNIDADES | DESCRIPCIÓN | MATERIALES | MANO DE OBRA | TOTAL |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| 1 | Celda de remonte de 24 kV tensión asignada, formado por cuerpo metálico y embarrado de cobre | 1588,57 | 78,86 | 1667,43 € |
| 1 | Celda de protección con fusible de 24 kV y 400 A, aislamiento SF6, interruptor-seccionador tripolar rotativo | 3475,00 | 78,86 | 3553,86 € |
| 1 | Celda de medida de 24 kV tensión asignada, incluyendo transformadores de medida | 2184,28 | 78,86 | 2263,14 € |
| 2 | Elementos de interconexión de celdas (SF6) | 129,60 (64,80) | 57,04 (28,52) | 186,64 € |
| 1 | Puente de interconexión entre celdas MT y transformador, totalmente conexionado | 498,25 | 114,73 | 612,98 € |
| 1 | Transformador encapsulado de resina Legrand 250 KVA | 7255,94 | 315,43 | 7571,37 € |
| 1 | Puente de interconexión entre transformador y cuadro BT, conductor RV 1x240 Cu. Incluye terminales a compresión de cobre estañado reforzado mediante compresión hexagonal. | 332,55 | 157,21 | 489,76 € |
| 1 | Cuadro de Baja Tensión Ormazábal, modelo CBTO-C con interruptor manual en carga de 630 A y protección por fusibles | 1314,54 | 78,86 | 1421,27 € |
| 1 | Instalación básica para alumbrado interior con 1 luminaria y 1 alumbrado de emergencia | 166,87 | 165,20 | 332,07 € |
| 1 | Armario de contadores (sin contador) con interconexión a celda de medida. | 554,06 | 225,78 | 779,84 € |
| TOTAL | | | | 18757,56 € |

**Entre paréntesis se indica el precio unitario de cada partida*

2.3 RED DE TIERRAS

| UNIDADES | DESCRIPCIÓN | MATERIALES | MANO DE OBRA | TOTAL |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|--------------|------------------|
| 1 | Confección de electrodo exterior de puesta a tierra de protección, con bucle de Cu-50 y mínimo 4 picas 14/1500 | 489,76 | 154,20 | 643,96 € |
| 1 | Sistema de puesta a tierra de protección por el interior con conductor Cu-50, incluye seccionador de puesta a tierra | 247,28 | 91,19 | 338,47 € |
| 1 | Confección de electrodo de puesta a tierra a tierra del neutro, con hilera Cu-50 desnudo y mínimo 4 picas 14/1500 | 114,89 | 315,25 | 430,14 € |
| 1 | Sistema de puesta a tierra de servicio por el interior con conductor Cu-50, incluye seccionador de puesta a tierra con conexión al neutro de BT | 247,28 | 91,19 | 338,47 € |
| TOTAL | | | | 1751,02 € |

3 MATERIALES DE SEGURIDAD Y COMPROBACIONES

| UNIDADES | DESCRIPCIÓN | MATERIALES | MANO DE OBRA | TOTAL |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|--------------|-----------------|
| 1 | Equipo de seguridad y maniobra: permite aislamiento eléctrico para proteger al personal durante maniobras (guantes, extintor, banquillo aislante...) | 518,59 | 13,88 | 532,47 € |
| 1 | Verificación de la Línea Subterránea de Media Tensión | 48,24 | 71,35 | 119,59 € |
| 1 | Mediciones de valor real de resistencia de puesta a tierra, de tensiones de paso y contacto, con elaboración de informe | 92,07 | 238,10 | 330,17 € |
| TOTAL | | | | 982,23 € |

4 RESUMEN DE PRESUPUESTO

| | |
|-------------------------------------------|------------|
| RED SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN: | 1631,50 € |
| OBRA CIVIL | 747,63 € |
| OBRA ELÉCTRICA | 883,87 € |
| CENTRO DE TRANSFORMACIÓN: | 27300,88 € |
| OBRA CIVIL | 6792,30 € |
| OBRA ELÉCTRICA | 18757,56 € |
| RED DE TIERRAS | 1751,02 € |
| MATERIALES DE SEGURIDAD Y COMPROBACIONES: | 982,23 € |
| TOTAL PRESUPUESTO OBRA | 29914,61 € |
| ADJUDICACIÓN DE PROYECTISTA (3%): | 897,44 € |
| TOTAL PRESUPUESTO | 30812,04 € |

El importe total relacionado con el presupuesto del presente proyecto asciende a TREINTA MIL OCHOCIENTOS DOCE EUROS CON CUATRO CÉNTIMOS.

ANEXO 3:

PREVENCIÓN DE

RIESGOS LABORALES

Índice

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. INTRODUCCIÓN | 89 |
| 2. OBJETO | 89 |
| 3. MEMORIA..... | 89 |
| 3.1 LÍNEAS SUBTERRÁNEAS DE MEDIA TENSIÓN | 89 |
| 3.2 CENTROS DE TRANSFORMACIÓN | 91 |
| 3.3 RIESGOS Y PREVENCIÓN EN TRABAJOS DE MONTAJE DE EQUIPOS ELÉCTRICOS | 92 |
| 3.4 MEDIDAS DE PROTECCIÓN | 94 |
| 3.5 INSTALACIONES ELÉCTRICAS PROVISIONALES PARA LA OBRA..... | 95 |
| 3.6 RIESGOS MÁS FRECUENTES | 95 |

1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con lo establecido en el REAL DECRETO 1627/1997, de 24 de octubre, en su artículo 4 punto 2, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un estudio básico de seguridad y salud.

2. OBJETO

El objeto de este estudio básico de seguridad y salud en el trabajo es precisar las normas de seguridad y salud aplicables a las obras, identificando los riesgos laborales que pueden ser evitados y aquellos otros que no pudiendo ser eliminados puedan ser controlados y minimizados mediante medidas preventivas y las protecciones necesarias.

3. MEMORIA

Para el análisis de riesgos y medidas de prevención a adoptar, se dividen los trabajos por unidades constructivas, dentro de los apartados de los apartados de Obra Civil y Montaje.

3.1 LÍNEAS SUBTERRÁNEAS DE MEDIA TENSIÓN

Replanteo, acopio, carga y descarga

- a) Caídas al mismo nivel → Orden y limpieza. Iluminación adecuada.
- b) Caídas a distinto nivel → Uso de EPI's y protecciones colectivas.
- c) Golpes y cortes → Mantenimiento equipos. Uso de EPI's.
- d) Caídas de objetos en manipulación → Adecuación de las cargas. Señalización. Uso de EPI's.
- e) Atropello por vehículos → Control de maniobras. Mantenimiento de la maquinaria. Señalización.
- f) Atrapamientos → Control de maniobras. Vigilancia.

Excavación y hormigonado y obras de carácter auxiliar

- a) Caídas al mismo nivel → Orden y limpieza. Iluminación adecuada.
- b) Caídas a distinto nivel → Uso de EPI's. Vallado y señalización.
- c) Caída de objetos desprendidos → Señalización. Uso de EPI's.
- d) Desprendimientos de tierra → Entibamiento.
- e) Golpes y cortes → Mantenimiento equipos. Uso de EPI's.
- f) Proyección de partículas → Uso de EPI's.
- g) Sobreesfuerzos → Manipulación correcta. Uso de medios mecánicos.
- h) Atrapamientos → Control de maniobras. Vigilancia.
- i) Atropellos por maquinaria → Correcto mantenimiento de la maquinaria. Control de maniobras. Señalización.
- j) Ruido → Utilizar protección auditiva.
- k) Vibraciones → Vigilancia de la maquinaria.
- l) Explosiones (gas) → Identificación de canalizaciones. Coordinación con la empresa suministradora de gas.

m) Riesgo eléctrico → Vigilancia y control en la apertura de zanjas.

Descarga del cable

- a) Caídas a distinto nivel → Uso de EPI's. Vallado
- b) Golpes y cortes → Mantenimiento y uso de EPI's.
- c) Atrapamientos → Control de maniobras. Vigilancia.
- d) Caída de objetos → Revisión de los aparatos de elevación y transporte. No sobrecargar los aparatos de elevación.
- e) Sobreesfuerzos → Manipulación correcta. Uso de equipos mecánicos.
- f) Caída de objetos desprendidos → Señalización. Uso de EPI's.

Tendido, empalme y terminales de conductores

- a) Caída a distinto nivel → Uso de EPI's y protecciones colectivas.
- b) Golpes y cortes → Uso de EPI's.
- c) Atrapamientos → Control de maniobras. Vigilancia.
- d) Caída de objetos desprendidos → Señalización. Uso de EPI's.
- e) Sobreesfuerzos → Manipulación correcta. Uso de equipos mecánicos.
- f) Vuelco de maquinaria → Control de maniobras y acondicionamiento adecuado de la zona de estacionamiento.
- g) Quemaduras → Uso de EPI's.
- h) Riesgos eléctricos → Coordinar los trabajos con la compañía eléctrica. Uso de protecciones aislantes y EPI's adecuados.
- i) Explosiones, asfixia en galerías → Uso de explosímetro y medidor de nivel de oxígeno.

Engrapado de soportes en galerías

- a) Caídas a distinto nivel → Uso de EPI's y protecciones colectivas.
- b) Atrapamientos → Control de maniobras. Vigilancia continuada.
- c) Caída de objetos desprendidos → Señalización. Uso de EPI's.
- d) Golpes y cortes → Uso de EPI's.
- e) Sobreesfuerzos → Manipulación correcta. Uso de equipos mecánicos.
- f) Contacto eléctrico directo → Coordinar con compañía suministradora definiendo las maniobras eléctricas. Aplicar las Cinco Reglas de Oro.
- g) Contacto eléctrico indirecto → Herramientas eléctricas de doble aislamiento conectadas a través de diferencial 0,03^a

Prueba y puesta en servicio

- a) Golpes y cortes → Mantenimiento equipos y utilización EPI's.
- b) Caída de objetos → Utilización EPI's.
- c) Atrapamientos → Control de maniobras. Vigilancia.
- d) Contactos eléctrico directo → Utilización EPI's. Coordinar con compañía suministradora definiendo las maniobras eléctricas. Seguir los procedimientos de descargo de instalaciones eléctricas. Aplicar las Cinco Reglas de Oro. Apantallar en caso de proximidad los elementos en tensión. El Encargado de

Obra informará a todo el personal, la situación en la que se encuentra la zona de trabajo y donde se encuentran los puntos de tensión más cercanos.

3.2 CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

Riesgos y medios de protección para evitarlos o minimizarlos.

Replanteo, acopio, carga y descarga

- a) Caídas al mismo nivel → Orden y limpieza. Iluminación adecuada.
- b) Caídas a distinto nivel → Uso de EPI's. Vallado y señalización.
- c) Golpes y cortes → Mantenimiento equipos. Uso de EPI's (guantes y casco).
- d) Caída de objetos en manipulación → Adecuación de las cargas. Señalización. Utilizar EPI's. No sobrepasar la carga máxima de los equipos de izado.
- e) Atropello por vehículos → Control de maniobras. Correcto mantenimiento de la maquinaria. Señalización.
- f) Atrapamientos → Control de maniobras. Vigilancia.

Excavación, hormigonado

- a) Caídas al mismo nivel → Orden y limpieza. Iluminación adecuada.
- b) Caídas a distinto nivel → Protección perimetral y señalización.
- c) Caída de objetos desprendidos → Saneamiento de las excavaciones. Entibación.
- d) Golpes y cortes → Mantenimiento equipos. Uso de EPI's.
- e) Proyección de partículas → Utilización de EPI's.
- f) Sobreesfuerzos → Levantamiento correcto de las cargas. Manipulación mecánica.
- g) Atrapamientos → Control de maniobras. Vigilancia.
- h) Atropellos por maquinaria → Correcto mantenimiento de la maquinaria. Control de maniobras. Prohibir el paso a toda persona ajena.
- i) Ruido → Utilizar protección auditiva.
- j) Vibraciones → Vigilancia de la maquinaria.

Posicionado y montaje del transformador

- a) Caída a distinto nivel → Uso de EPI's. Protecciones colectivas.
- b) Golpes y cortes → Mantenimiento y utilización de EPI's
- c) Atrapamientos → Control de maniobras. Vigilancia.
- d) Caídas de objetos en manipulación → Revisión de los aparatos de elevación y transporte. No sobrecargar los aparatos de elevación.
- e) Sobreesfuerzos → Manipulación correcta. Uso de equipos mecánicos.
- e) Caídas de objetos desprendidos → Señalización. Uso de EPI's.

Tendido de conductores e interconexión AT/BT

- a) Caída a distinto nivel → Uso de EPI's y protecciones colectivas.
- b) Cortes y golpes → Mantenimiento. Uso de EPI's.
- c) Atrapamientos → Control de maniobras. Vigilancia.
- d) Caída de objetos desprendidos → Señalización. Uso de EPI's.

- e) Sobreesfuerzos → Manipulación correcta. Uso de equipo mecánico.
- f) Riesgos a terceros → Vallado. Señalización.
- g) Riesgos eléctricos → Coordinación con compañía eléctrica. Solicitud de descargo. Uso de EPI's. Recubrimiento de puntos en tensión.

Prueba y puesta en servicio

- a) Golpes y cortes → Mantenimiento equipos y utilización EPI's.
- b) Caídas de objetos → Utilización EPI's.
- c) Atrapamientos → Control de maniobras. Vigilancia.
- h) Contactos eléctricos → Utilización de EPI's. Coordinar con compañía eléctrica, definiendo las maniobras eléctricas. Apantallar, en caso de proximidad, los puntos en tensión. El Encargado de Obra informará a todo el personal la situación en la que se encuentra la zona de trabajo y donde se encuentran los puntos de tensión más cercanos.

3.3 RIESGOS Y PREVENCIÓN EN TRABAJOS DE MONTAJE DE EQUIPOS ELÉCTRICOS

Riesgos más frecuentes

- Contactos accidentales con partes en tensión.
- Caídas en altura.
- Utilización de herramientas manuales.

Medidas de prevención

- Utilizar cuadros de distribución con protecciones diferenciales.
- Comprobación de ausencia de tensión.
- Bloqueo y/o aislamiento de las partes en tensión, o que pudieran ponerse en tensión accidentalmente.
- Puesta en corto circuito y a tierra de los elementos conductores que afecten o puedan afectar al lugar de trabajo.
- Señalizar y acotar la zona de trabajo.
- Utilizar el equipo de protección colectiva e individual adecuado (barandillas, equipo aislante, arnés de seguridad, casco, guantes, etc.).
- Todo trabajador que permanezca en una instalación con partes en tensión, deberá poseer la formación necesaria para desempeñar su puesto de trabajo en estas condiciones.
- En todo momento se respetarán las distancias de seguridad con respecto a los elementos en tensión, midiéndola desde el extremo más alejado del operario (incluida la herramienta). Estas distancias son las exigidas en el Real Decreto 614/01, para realizar trabajos en proximidad de elementos en tensión:

| U_n | DPEL-1 | DPEL-2 | DPROX-1 | DPROX-2 |
|----------|--------|--------|---------|---------|
| ≤ 1 | 50 | 50 | 70 | 300 |
| 3 | 62 | 52 | 112 | 300 |

| | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 6 | 62 | 53 | 112 | 300 |
| 10 | 65 | 55 | 115 | 300 |
| 15 | 66 | 57 | 116 | 300 |
| 20 | 72 | 60 | 122 | 300 |
| 30 | 82 | 66 | 132 | 300 |
| 45 | 98 | 73 | 148 | 300 |
| 66 | 120 | 85 | 170 | 300 |
| 110 | 160 | 100 | 210 | 500 |
| 132 | 180 | 110 | 330 | 500 |
| 220 | 260 | 160 | 410 | 500 |
| 380 | 390 | 250 | 540 | 700 |

- **Un:** Tensión nominal de la instalación (kV).
- **DPEL-1:** Distancia hasta el límite exterior de la zona de peligro cuando exista el riesgo de sobretensión por rayo (cm).
- **DPEL-2:** Distancia hasta el límite exterior de la zona de peligro cuando no exista el riesgo de sobretensión por rayo (cm).
- **DPROX-1:** Distancia hasta el límite exterior de la zona de proximidad cuando resulte posible delimitar con precisión la zona de trabajo y controlar que ésta no se sobrepasa durante la realización del mismo (cm).
- **DPROX-2:** Distancia hasta el límite exterior de la zona de proximidad cuando no resulte posible delimitar con precisión la zona de trabajo y controlar que ésta no se sobrepasa durante la realización del mismo (cm).

Las zonas con tensión dentro de la obra deben estar perfectamente delimitadas y señalizadas, separándolas del resto de la obra sin tensión:

- Cuando se esté trabajando con maquinaria en zonas próximas a elementos con tensión, se vigilará que el radio de acción de la misma no sobrepasa la distancia de seguridad anteriormente marcada.
- Todos los trabajos se planificarán previamente y durante su ejecución serán controlados por un responsable, paralizando los mismos cuando exista duda de no poder respetar las distancias de seguridad.

Normas de prevención específicas del oficio de y electricista

Las tensiones inferiores a 24 V se pueden considerar seguras, no necesitándose protección adicional.

Los trabajos en instalaciones con tensiones superiores a 24 V han de realizarse cumpliendo una serie de normas básicas de seguridad, que son las llamadas Cinco reglas de Oro.

- Cortar todas las fuentes de tensión.
- Bloquear las fuentes de tensión.
- Comprobar la ausencia de tensión.
- Poner a tierra y en cortocircuito.
- Señalizar la zona de trabajo

En los trabajos cerca de elementos en tensión, en el caso de que no se permitiera el corte de tensión, deberá aislar los elementos en tensión de forma que aún con movimientos involuntarios en ningún caso pueda contactar con tensión. El operario deberá utilizar los elementos de protección personal específicos para este trabajo, guantes aislantes, alfombra aislante, etc.

Las máquinas eléctricas, en todos los casos, se conectarán a tomas de corriente que dispongan de protección. Según sea su tipo, dispondrán de alguno de los sistemas de protección contra contactos eléctricos, doble aislamiento, transformador de seguridad, dispositivo de corte automático, etc.

En el caso de que fuera necesario maniobrar con elementos en tensión, como interruptores, seccionadores, etc., se deberán utilizar los equipos de cortes y maniobra especificados por la Propiedad, y, en todos los casos, con su autorización por escrito.

3.4 MEDIDAS DE PROTECCIÓN

Protecciones personales

Cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le proteja de una o varios riesgos. Según los trabajos, existen unas normas de obligado cumplimiento sobre el uso y conservación de protecciones personales.

Asimismo, los equipos de protección individual cumplirán lo establecido en el Real Decreto 773/1997, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de EPI.

Los equipos de protección que se utilizan en este tipo de trabajo son los siguientes:

- Casco homologado.
- Ropa de trabajo.
- Guantes de cuero.
- Botas de seguridad homologadas.
- Arnés de seguridad de seguridad específico homologado.
- Gafas para protección de partículas.

Revisiones de los elementos de protección

La labor de revisión de los elementos de protección será continua y cuidadosa.

Por lo que a los elementos de protección personal se refiere, se renovarán siempre que sea necesario, según su uso. En cuanto a los elementos de protección colectiva, deberán estar en todo momento en perfecto estado de uso.

Es responsabilidad del trabajador informar de cualquier defecto anomalía o daño apreciado en el equipo y que pueda entrañar una pérdida de su eficacia protectora.

3.5 INSTALACIONES ELÉCTRICAS PROVISIONALES PARA LA OBRA

Desde el punto de toma fijado por la Propiedad se procederá al montaje de la instalación de obra.

La acometida será preferiblemente subterránea, disponiendo de un armario de protección en módulos normalizados, dotados de contadores de energía activa y reactiva si así se requiriese.

A continuación, se pondrá el cuadro general de mando y protección, dotado de seccionador general de corte automático, interruptor unipolar y protección contra faltas a tierra, sobrecargas, y cortocircuito, mediante interruptores magnetotérmicos y relé diferencial de 300 mA de sensibilidad, puesto que todas las masas y el valor de la toma de tierra es $< 10^{\circ}$, además en los cuadros parciales se pondrá diferenciales de 30 mA. El cuadro estará construido de manera que impida el contacto con los elementos bajo tensión.

De este cuadro saldrán los circuitos necesarios de suministro a los cuadros secundarios para alimentación a los diferentes medios auxiliares, estando todos ellos debidamente protegidos con diferencial e interruptores magnetotérmicos.

Por último, del cuadro general saldrá un circuito para alimentación de los cuadros secundarios donde se conectarán las herramientas portátiles de los tajos. Estos cuadros serán de instalación móvil, según necesidades de obra y cumplirán las condiciones exigidas para instalaciones a la intemperie, estando colocados estratégicamente con el fin de disminuir en lo posible la longitud y el número de líneas.

El armario de protección y medida se colocará en el límite del solar, de conformidad con la Compañía Suministradora.

Las tomas de corriente y clavijas, llevarán contacto de puesta a tierra de manera obligatoria.

3.6 RIESGOS MÁS FRECUENTES

- Fallos de aislamientos.
- Deterioro de conductores.
- Contactos fortuitos.
- Caídas de altura.
- Descargas eléctricas de origen directo o indirecto.
- Caídas al mismo nivel.

Medidas de prevención

- Cualquier parte de la instalación se considerará bajo tensión mientras no se compruebe lo contrario con los aparatos adecuados.
- Los conductores, si van por el suelo, no serán pisados ni se colocarán materiales sobre ellos; al atravesar zonas de paso se protegerán adecuadamente.
- En la instalación de alumbrado, estarán separados los circuitos de la valla, accesos a zonas de trabajo, escaleras, etc.
- Los empalmes provisionales entre mangueras se harán siempre

mediante conexiones normalizadas antihumedad, debiendo estar siempre elevados y nunca en el suelo.

- Para los empalmes definitivos se utilizarán cajas de empalme de seguridad normalizada y estanca.
- Las derivaciones de conexión a máquinas se realizarán con terminales de presión, disponiendo las mismas de mando de marcha y parada.
- Estas derivaciones, al ser portátiles, no estará sometidas a tracción mecánica que pudiera originar su rotura presenten algún deterioro en la capa aislante de protección.
- La iluminación de los tajos será siempre la adecuada para realizar los trabajos con seguridad.
- Las zonas de paso de la obra estarán perfectamente iluminadas.

Protecciones personales

- Casco homologado de seguridad dieléctrica.
- Guantes aislantes.
- Comprobador de tensión.
- Herramientas manuales con aislamiento.
- Tarimas, alfombrillas, pértigas aislantes.

Protecciones colectivas

Mantenimiento periódico del estado de las mangueras, tomas de tierra enchufes, cuadros, distribuidores, etc.

ANEXO 4:
PLAN DE GESTIÓN
DE RESIDUOS

Índice

| | |
|-----------------------------------------------------------------------|------------|
| 1. GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN | 99 |
| 1.1 ANTECEDENTES | 99 |
| 1.2 ESTIMACIÓN DE LOS RESIDUOS A GENERAR | 99 |
| 1.2.1 GENERALIDADES | 99 |
| 1.2.2 CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS RESIDUOS | 99 |
| 1.2.3 MEDIDAS PARA LA PREVENCIÓN DE RESIDUOS EN LA OBRA | 100 |
| 1.3 VALORACIÓN DE LOS RESIDUOS A GENERAR | 100 |
| 1.3.1 GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS, INERTES Y MATERIALES DIVERSOS..... | 100 |
| 1.3.2 PRESCRIPCIONES RELACIONADAS CON LA GESTIÓN DE RESIDUOS | 101 |
| 2. GESTIÓN DE RESIDUOS DE DEMOLICIÓN..... | 102 |
| 2.1 CERTIFICACIÓN DE LOS MEDIOS EMPLEADOS..... | 102 |
| 2.2 VALORACIÓN DEL COSTE PREVISTO | 103 |

1. GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

El presente Estudio se redacta en base al Real Decreto 105/2008 de 2 de febrero, del Ministerio de la Presidencia, por el que se regula la producción y gestión de residuos de construcción y demolición.

De acuerdo lo estipulado en el presente proyecto, tanto el generador como el poseedor de los residuos será el propio adjudicatario de las obras a realizar.

1.2 ESTIMACIÓN DE LOS RESIDUOS A GENERAR

1.2.1 GENERALIDADES

Los trabajos de construcción de una obra dan lugar a una amplia variedad de residuos, cuyas características y cantidad dependerán de la fase de construcción y del tipo de trabajo ejecutado.

Así, de esta manera, es habitual que al comenzar una obra haya que derribar una construcción existente, además de realizarse diversos movimientos de tierras. Añadiendo a su vez posibles residuos en forma de sobrantes y restos diversos de embalajes.

Para cada fase en el transcurso de todos los trabajos se deberá planificar la manera adecuada de gestionar los residuos, hasta el punto de que antes de que se produzcan los residuos se tendrá que decidir si se pueden reducir, reutilizar y reciclar.

En nuestro caso, los residuos de construcción y demolición serán generados principalmente durante el proceso de la canalización de la red de Media Tensión y del movimiento de tierras correspondiente para una óptima colocación del Centro de Transformación prefabricado.

1.2.2 CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS RESIDUOS

Los residuos de construcción y demolición se clasifican en dos: los residuos de nivel I, y los residuos de nivel II.

Residuos de nivel I: son los residuos generados por el desarrollo de las obras de infraestructura de ámbito local contenidas en los diferentes planes de actuación urbanística, siendo resultado de los excedentes de excavación de los movimientos de tierra generados por dichas obras.

Son, por tanto, principalmente residuos de las tierras procedentes de obras de excavación.

Residuos de nivel II: son los residuos principalmente relacionados con las actividades propias del sector de la construcción, de la demolición, de la reparación y de la implantación de servicios.

Son, por tanto, residuos no peligrosos que no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas.

1.2.3 MEDIDAS PARA LA PREVENCIÓN DE RESIDUOS EN LA OBRA

Se establecen las siguientes pautas para la prevención de residuos durante la realización de la obra, las cuales deberán implementarse como una estrategia definida por parte del poseedor de los residuos. Dicha estrategia será estimada convenientemente en la obra para alcanzar los siguientes objetivos:

- Minimizar y reducir las cantidades de materias primas que se utilizan y de los residuos que se originan, son aspectos prioritarios durante las obras.
- Los residuos que se originan deben ser gestionados de la manera más eficaz para su posterior valorización.
- Fomentar la clasificación de los residuos que se producen de manera que sea más fácil su valorización y gestión en el vertedero.
- Elaborar criterios y recomendaciones específicas para la mejora de la propia gestión de residuos.
- Planificar la obra teniendo en cuenta las expectativas de generación de residuos y de su eventual minimización o reutilización.
- Disponer de un desglose de los compradores de residuos, vendedores de materiales reutilizados y recicladores más próximos.
- El personal de la obra que participe en la gestión de residuos debe tener la suficiente formación acerca de los procedimientos administrativos necesarios.
- La reducción del volumen de residuos genera un ahorro en el coste de su gestión.
- Los contratos de suministro de materiales deben incluir un apartado en el que quede definido que el suministrador de los materiales se hará cargo de los embalajes que se transporten hasta la obra.
- Los contenedores, sacos, depósitos y demás recipientes de almacenaje deberán ser etiquetados según la normativa vigente.

1.3 VALORACIÓN DE LOS RESIDUOS A GENERAR

1.3.1 GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS, INERTES Y MATERIALES DIVERSOS

A continuación se detallan los tratamientos a seguir para la valoración de los residuos en la planta de tratamiento correspondiente: recepción del material bruto, separación de los residuos tóxicos y/o peligrosos, estocaje y reutilización de tierras de excavación aptas para su uso, separación de residuos voluminosos para su reciclado, separación de maderas y férricos, tratamiento para el material apto para el reciclado, reutilización del material reciclado, o eliminación de los residuos inertes no aptos para su reciclaje.

Los procesos que se realizan a la hora de tratar los residuos en la planta son los siguientes: recepción del material, triaje y clasificación, reciclaje, estocaje y eliminación.

1.3.2 PRESCRIPCIONES RELACIONADAS CON LA GESTIÓN DE RESIDUOS

En relación con el almacenamiento, manejo, separación y otras operaciones de gestión de los residuos dentro de la obra se describirán las acciones necesarias, tanto para el productor de residuos como para el poseedor de los mismos.

Para el productor de residuos

- Incluir en el proyecto de ejecución de la obra un *Estudio de gestión de residuos* que deberá contener al menos: una estimación de los residuos a generar, operaciones encaminadas a la posible reutilización y separación, planos de instalaciones previstas para almacenaje, un pliego de condiciones y la valoración del coste de la gestión de residuos.
- En las obras de demolición, rehabilitación, reparación o reforma, realizar un inventario de los residuos no peligrosos, así como su retirada selectiva con el fin de evitar la mezcla entre ellos o con otros residuos no peligrosos.
- Disponer de la documentación que acredite que los residuos han sido gestionados de manera apropiada, ya sea en la propia obra, o entregados a una instalación para su posterior tratamiento.

Para el poseedor de residuos

La figura del poseedor de los residuos en la obra es fundamental para una eficaz gestión de los mismos, puesto que está a su alcance tomar las decisiones para la mejor gestión de los residuos y las medidas preventivas para minimizar y reducir los residuos que se originan.

Para el poseedor de los residuos será necesario incluir lo siguiente:

- Presentar ante el promotor de la obra un plan que refleje cómo llevará a cabo esta gestión, si decide asumirla él mismo, o si no es el caso, estaría obligado a entregarlos a un gestor de residuos. Si se los entrega a un intermediario que únicamente ejerza funciones de recogida para posteriormente entregarlos deberá acreditar quién será el gestor final de dichos residuos.
- Este plan deberá ser aprobado por la Dirección Facultativa, pasando entonces a ser otro documento contractual de la obra.
- Mientras se encuentren los residuos bajo su cargo, los deberá mantener en condiciones de higiene y seguridad aceptables, también deberá evitar la mezcla de las distintas fracciones ya seleccionadas.

Si el poseedor de residuos no pudiera por falta de espacio realizar su valoración, dada la posibilidad de poder realizarla, deberá obtener por parte del gestor final de los residuos, un documento que acredite que ha sido el propio gestor final el que ha realizado dicha valoración.

El personal de la obra es responsable de cumplir de manera correcta todas aquellas órdenes y pautas que el responsable de la gestión de residuos disponga. A

su vez, el personal de obra se puede enriquecer de su propia experiencia práctica en la aplicación de dichas pautas para poder mejorarlas, o proponer nuevas.

El personal de obra estará bajo la responsabilidad del contratista, y consecuentemente, bajo la responsabilidad del poseedor de residuos, el cual deberá proporcionar la metodología más adecuada para una separación y tratamiento óptimos de los residuos. Hay que reseñar este aspecto, dado que es el propio personal de la obra el que ejecutará todo el plan de residuos que se les haya proporcionado.

2. GESTIÓN DE RESIDUOS DE DEMOLICIÓN

La segregación, tratamiento y gestión de residuos se realizará mediante el procedimiento correspondiente por parte de empresas homologadas para dicha actividad, mediante contenedores o sacos industriales.

2.1 CERTIFICACIÓN DE LOS MEDIOS EMPLEADOS

Es obligación del contratista proporcionar, tanto a la Dirección Facultativa de la obra los certificados de los contenedores empleados, así como de los puntos de vertido final de los residuos. Estos certificados son emitidos por entidades autorizadas y homologadas por la delegación competente.

Limpieza de las obras

El contratista deberá mantener tanto la obra como sus alrededores limpios, libres tanto de escombros como de materiales sobrantes, retirar las instalaciones provisionales que no sean necesarias, además, deberán llevarse a cabo prácticas y medidas apropiadas para mantener la obra lo más limpia posible

Con carácter particular

Para los derribos se realizarán actuaciones previas, tales como apeos o apuntalamientos, para las partes peligrosas tanto para la obra como para las edificaciones colindantes. Se procurará actuar retirando los elementos contaminados o peligrosos tan pronto como sea posible, así como los elementos de alto valor económico (cerámicos, mármoles).

El depósito temporal de los escombros se realizará en contenedores metálicos específicos.

El depósito temporal para residuos valorizables o reutilizables deberá realizarse en contenedores separados del resto de residuos.

Los contenedores deberán estar pintados en colores que destaquen por su visibilidad y contar con una banda reflectante de al menos 15 cm a lo largo de su perímetro. En dichos contenedores deberán reflejarse la razón social, el CIF, el teléfono del titular del contenedor y el número de inscripción en el registro de transportistas de residuos.

El responsable de la obra a la que presta servicio el contenedor adoptará las medidas necesarias para evitar el depósito de residuos ajenos a la misma. Fuera del horario laboral estos contenedores permanecerán tapados o cerrados para evitar el depósito de residuos ajenos a la obra.

Se deberán atender las ordenanzas municipales establecidas en cuanto a los residuos de demolición se refiere.

Se asegurará que el centro de destino final de los residuos esté autorizado por la Conserjería de Medio Ambiente.

Se evitará en todo momento la contaminación de los plásticos y restos de madera con productos tóxicos para su adecuada segregación. También se evitará la contaminación de los contenedores de escombros con componentes peligrosos.

Las tierras superficiales que puedan tener un uso posterior para jardinería o recuperación de suelos degradados, serán retiradas y almacenadas durante el menor tiempo posible, en caballones de altura no superior a los 2 metros. Se evitará la humedad excesiva, la manipulación o la contaminación de estas tierras con otros materiales.

2.2 VALORACIÓN DEL COSTE PREVISTO

El coste previsto para la gestión de residuos tanto de construcción como de demolición se han analizado previamente en un apartado independiente dentro de la sección de *Presupuesto*.

El contratista se guiará de lo indicado en dicho apartado, pudiéndose ajustar a la realidad de los precios finales de contratación, y especificar dichos costes finales de la gestión de residuos.

En el informe dentro del presupuesto de la gestión de residuos se han incluido partidas como los alquileres y transportes de contenedores, maquinaria y mano de obra, y materiales auxiliares como bidones o estructuras para residuos peligrosos.

CONCLUSIÓN

La realización de este Trabajo de Fin de Grado a modo de proyecto, así como la búsqueda de la diversa información que se puede encontrar acerca de las instalaciones que Iberdrola Distribución, ya haya sido a partir de su normativa o a partir de catálogos de productos, me ha servido a título personal de gran ayuda para comprender de una manera más realista las instalaciones que son necesarias para un funcionamiento completo y seguro. Además, me ha ayudado a descubrir una nueva manera de instalar un Centro de Transformación: una vez ya prefabricada, de esta manera su instalación final es bastante más asequible y práctica.

También me ha sido muy útil la elaboración de este Trabajo para entender qué documentación e información es necesaria incluir a la hora de realizar un proyecto para la realización cualquier tipo de instalación perteneciente a la empresa distribuidora Iberdrola.

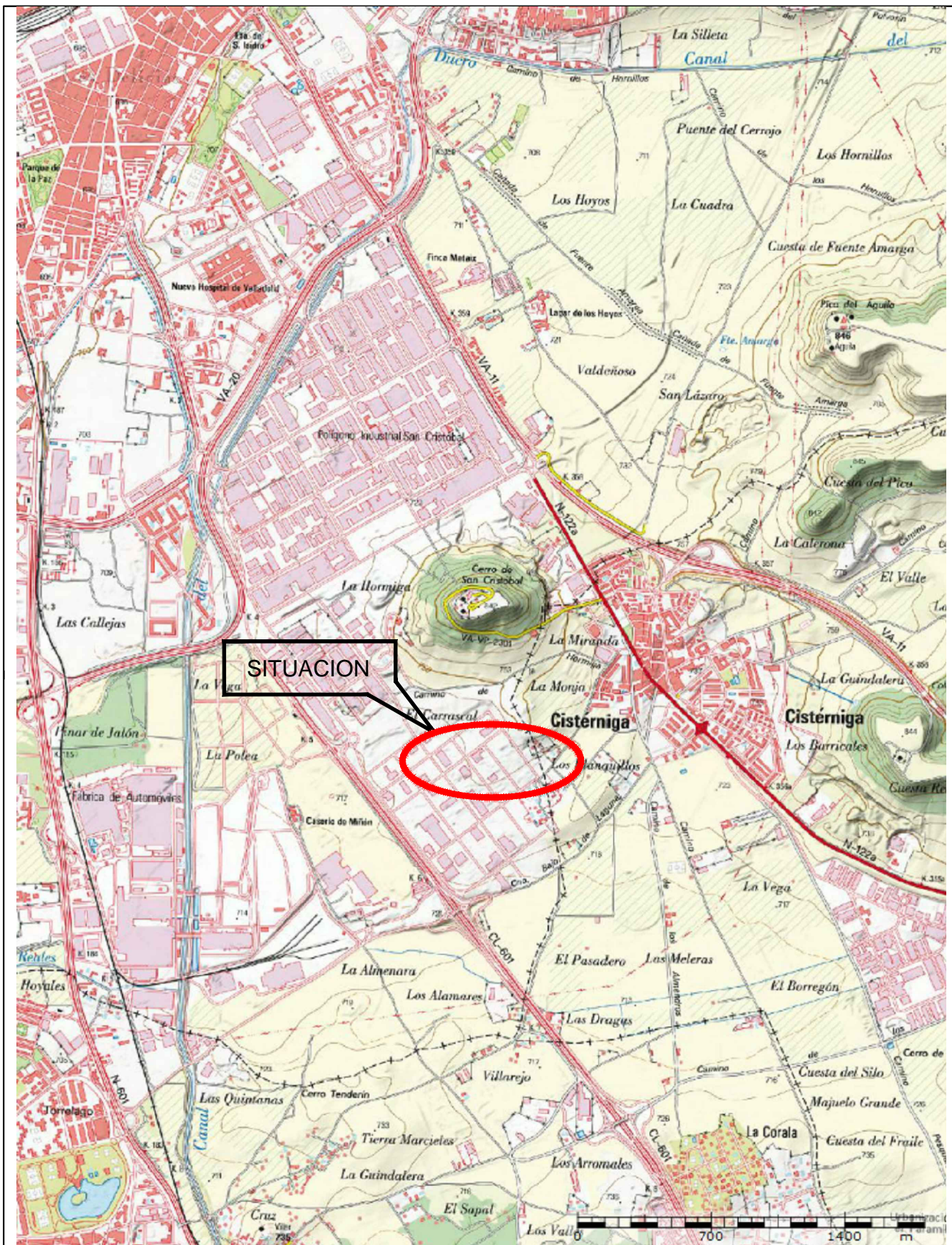
Otro aspecto que este Trabajo me ha ayudado a valorar, y que siempre pasa a segundo plano a la hora de proyectar cualquier tipo de instalaciones eléctricas en vía pública son los trabajos previos que hay que realizar para un correcto funcionamiento de la obra eléctrica, trabajos como la adecuación de las tierras o la excavación de zanjas es imprescindible que sean realizados bajo las normativas vigentes, dado que pueden dar lugar a problemas, tanto a la hora de realizar la obra eléctrica como durante la vida útil de las instalaciones.

Por último, para proyectos de este tipo y pensando que se va a trabajar con tensiones de gran valor, hay que primar la seguridad de los trabajadores por encima de todo, por eso, el aspecto más útil que me ha ayudado a valorar en este Trabajo es la responsabilidad que cada persona ejerce en la realización de este tipo de obras, tanto del proyectista, como del director de obra, como de los propios trabajadores y que una manera de trabajar coordinada y segura hará que se minimicen las probabilidades de que haya cualquier tipo de accidente laboral.



Por todo ello, puedo decir que durante tanto la elaboración este Trabajo, como las asignaturas del Grado impartidas, he podido observar la importancia que el sistema eléctrico adquiere sobre nuestra vida cotidiana. Además, he visualizado la gran cantidad de entidades y personal que es imprescindible para el mantenimiento y la sostenibilidad de sistema eléctrico, y la gran cantidad de actividades laborales que están relacionadas a dicho sector, ya sea a pequeña escala o a gran escala.

Es decir, que simplemente daré mi agradecimiento a todos estos años de esfuerzo y dedicación, ya que seguramente encauzarán mi carrera profesional.

PLANOS





– SITUACIÓN –

| | | | | |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | FECHA | NOMBRE | GRADO INGENIERÍA ELÉCTRICA |  Universidad de Valladolid |
| DIBUJADO | 16-09-2019 | DIEGO SIERRA | | |
| CALCADO | 16-09-2019 | DIEGO SIERRA | | |
| REVISADO | 16-09-2019 | DIEGO SIERRA | | |
| ESCALA 1:25000 | PROYECTO L.S.M.T. Y C.T. 250 kVA PARA ELECTRIFICACION DE PARCELA "INTEROB" EN CALLE HELIO N°5, VALLADOLID | | |  ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES |
| | | | | PLANO N°: 1 |
| | | | | EXP: TFG |



– SITUACIÓN –

| | | | | |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | FECHA | NOMBRE | GRADO INGENIERÍA ELÉCTRICA |  Universidad de Valladolid |
| DIBUJADO | 26-06-2019 | DIEGO SIERRA | | |
| CALCADO | 26-06-2019 | DIEGO SIERRA | | |
| REVISADO | 26-06-2019 | DIEGO SIERRA | DIEGO SIERRA GARCÍA | |
| ESCALA | PROYECTO L.S.M.T. Y C.T. 250 kVA PARA ELECTRIFICACION DE PARCELA "INTEROB" EN CALLE HELIO Nº5, VALLADOLID | | |  ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES |
| 1:5000 | | | | PLANO Nº: 2 |
| | | | | EXP: TFG |

DIN-A4



LEYENDA

L.S.M.T. EXISTENTE

L.S.M.T. PROYECTADA

L.S.A.T. EXISTENTE

CENTRO DE SECCIONAMIENTO

CENTRO DE TRANSFORMACION

ARMARIO DE MEDIDA

CUADRO DE B.T.

DENOMINACION DE CONDUCTOR PROYECTADO

HEPRZ1-240 // HEPR-Z1 -(1x240)mm² AL.

- COORDENADAS U.T.M. / HUSO 30N - ETRS 89 -

| ELEMENTOS ELECTRICOS | X | Y |
|-----------------------|---------|-----------|
| CENTRO TRANSFORMACION | 358.315 | 4.607.507 |

LONGITUD DEL CONDUCTOR TRAMO A-B 15 m.

DETALLE Y CANALIZACIONES

ZANJA DE M.T.

TUBOS LIBRES

TUBOS A OCUPAR

Dimensiones en m

- INSTALACIONES Y CANALIZACIONES DE M.T. EXISTENTES Y PROYECTADAS -

| | FECHA | NOMBRE | GRADO INGENIERÍA ELÉCTRICA |
|----------|------------|--------------|----------------------------|
| DIBUJADO | 16-09-2019 | DIEGO SIERRA | DIEGO SIERRA GARCÍA |
| CALCADO | 16-09-2019 | DIEGO SIERRA | |
| REVISADO | 16-09-2019 | DIEGO SIERRA | |

ESCALA 1:250

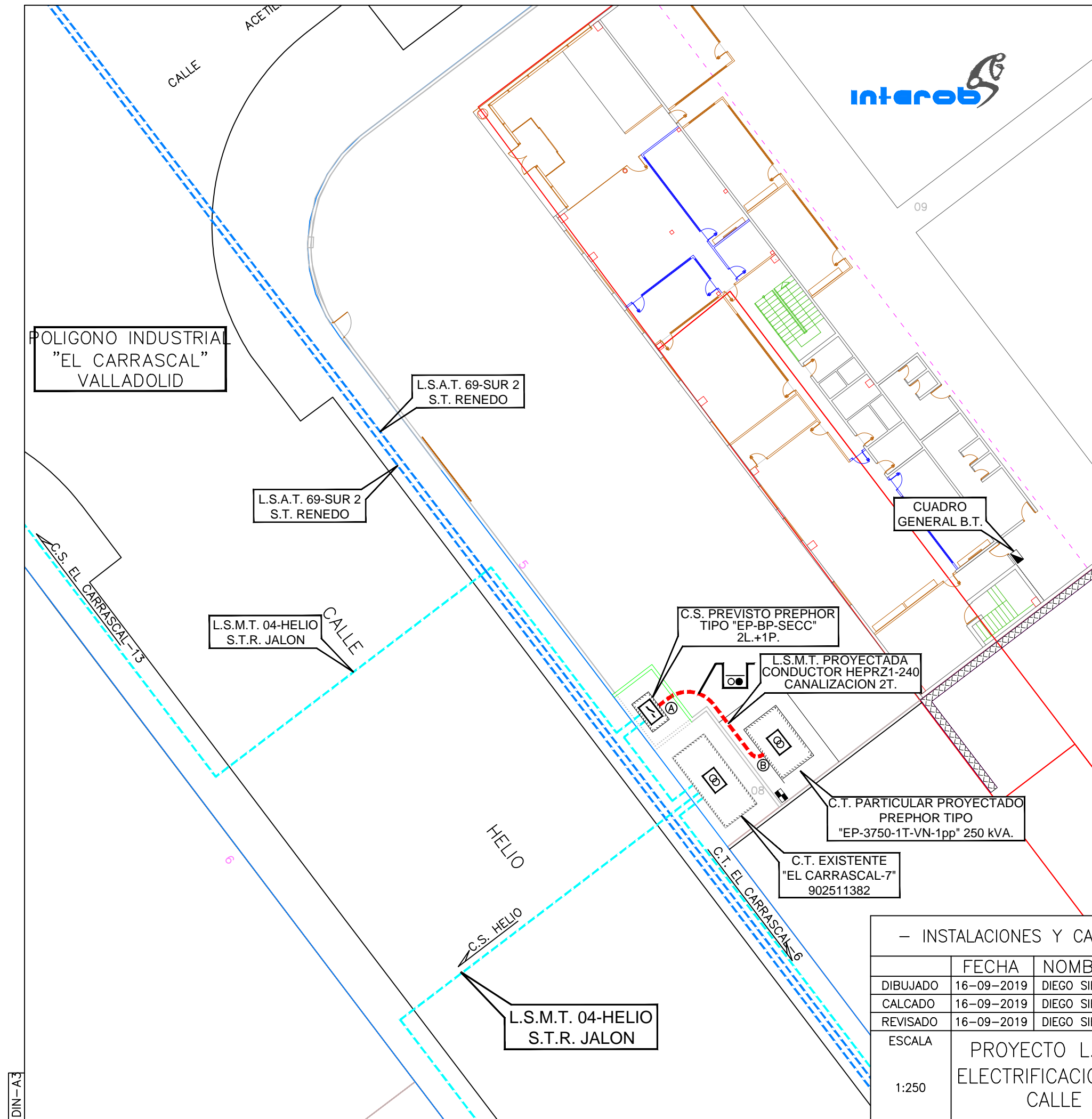
PROYECTO L.S.M.T. Y C.T. 250 kVA PARA ELECTRIFICACION DE PARCELA "INTEROB" EN CALLE HELIO N°5, VALLADOLID

Universidad de Valladolid

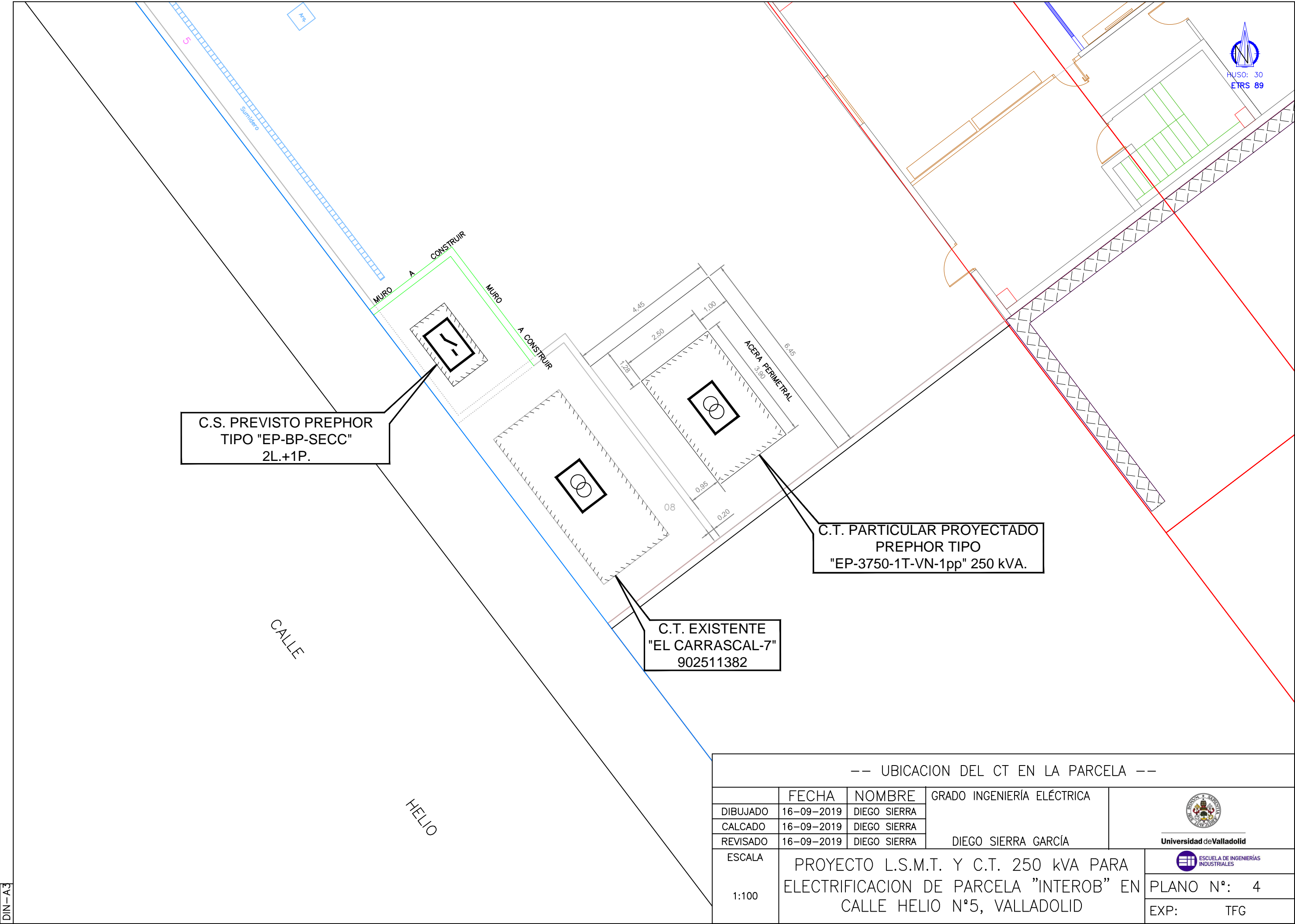
ESCUOLA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

PLANO N°: 3

EXP: TFG





DIN-A3

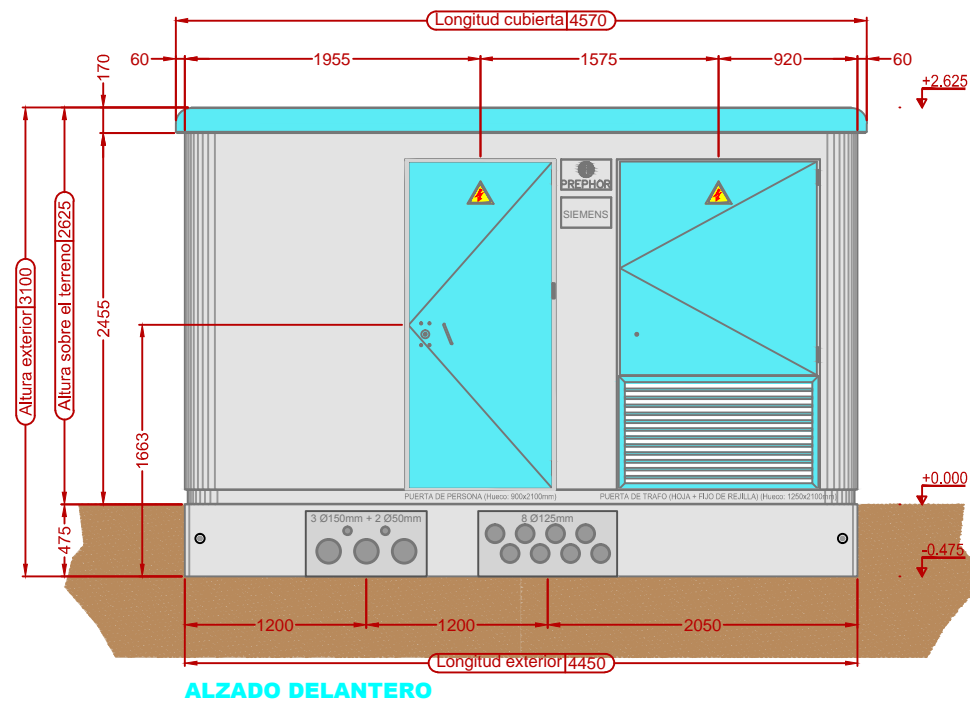


C.S. PREVISTO PREPHOR
TIPO "EP-BP-SECC"
2L.+1P.

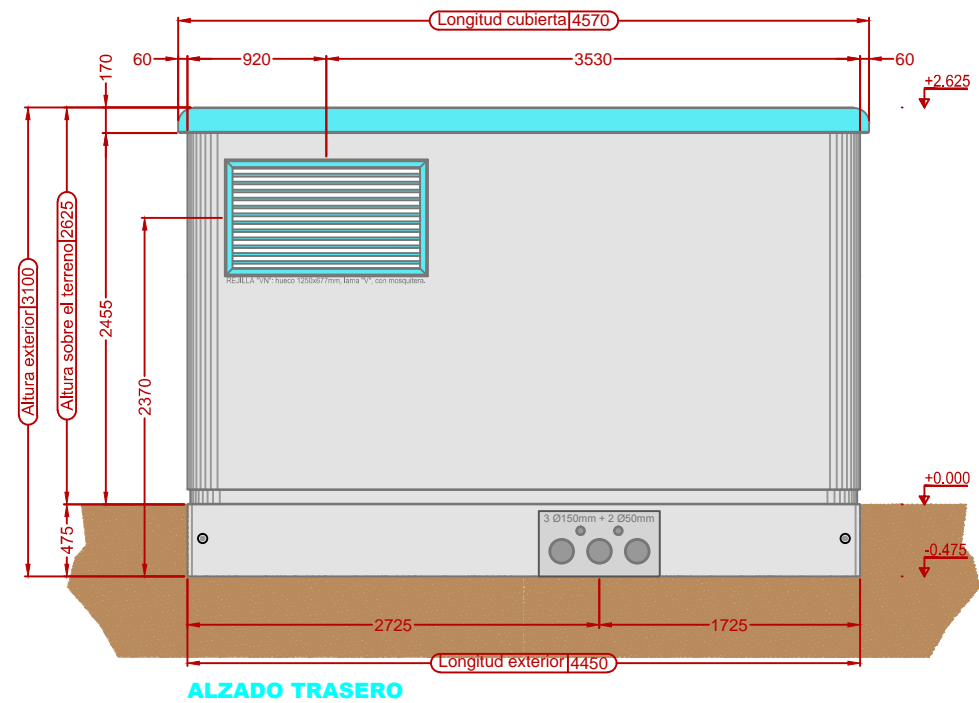
C.T. PARTICULAR PROYECTADO
PREPHOR TIPO
"EP-3750-1T-VN-1pp" 250 kVA.

C.T. EXISTENTE
"EL CARRASCAL-7"
902511382

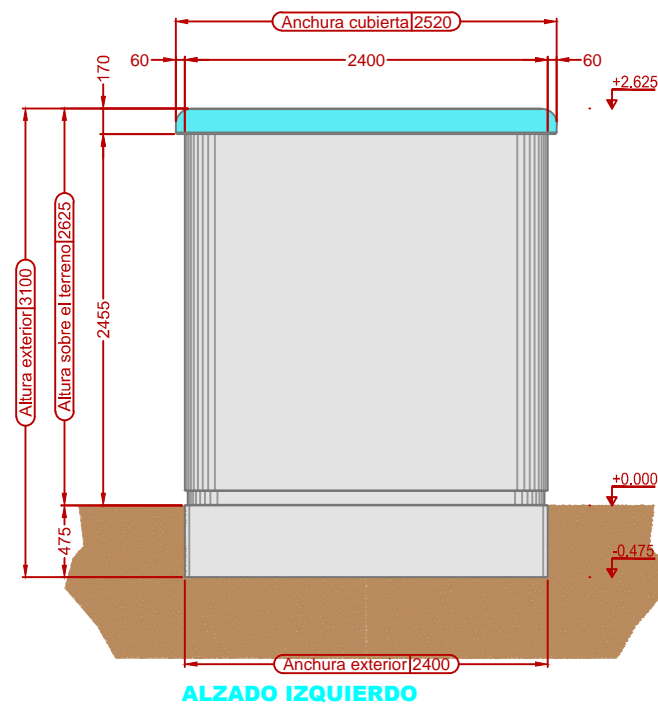
| -- UBICACION DEL CT EN LA PARCELA -- | | | | |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | FECHA | NOMBRE | GRADO INGENIERÍA ELÉCTRICA | |
| DIBUJADO | 16-09-2019 | DIEGO SIERRA | DIEGO SIERRA GARCÍA | |
| CALCADO | 16-09-2019 | DIEGO SIERRA | | |
| REVISADO | 16-09-2019 | DIEGO SIERRA | | |
| ESCALA | PROYECTO L.S.M.T. Y C.T. 250 kVA PARA ELECTRIFICACION DE PARCELA "INTEROB" EN CALLE HELIO N°5, VALLADOLID | | |  Universidad de Valladolid |
| 1:100 | | | |  ESCUOLA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES |
| | | | | PLANO N°: 4 EXP: TFG |



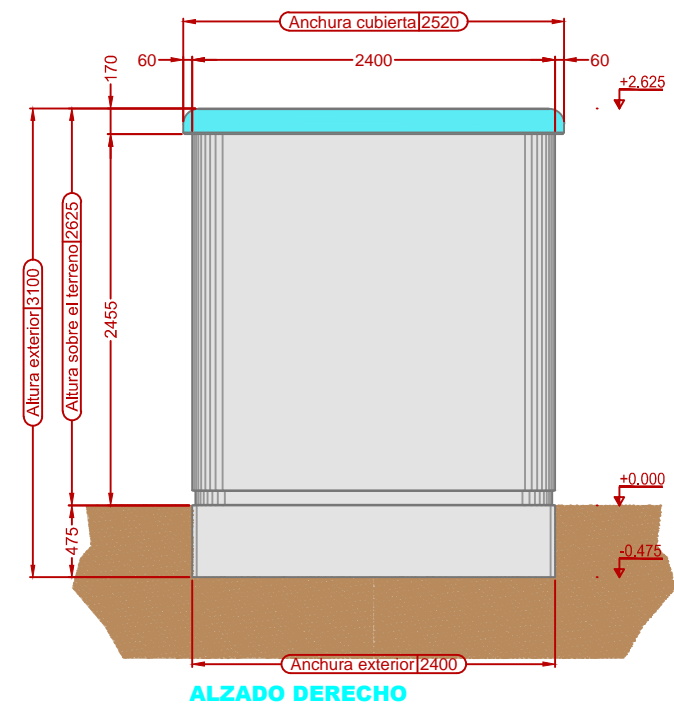
ALZADO DELANTERO



ALZADO TRASERO

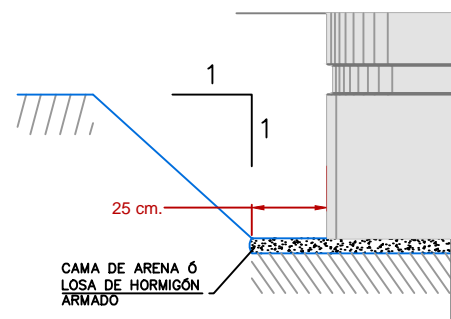


ALZADO IZQUIERDO



ALZADO DERECHO



DETALLE: Talud de excavación.



| | Interior Centro | SOLERA | EXCAVACIÓN |
|----------|-----------------|--------|------------|
| Longitud | L (mts) | A=4,95 | D=5,90 |
| Anchura | M (mts) | B=2,90 | C=3,85 |

***PREPARACIÓN DEL TERRENO:**
Una vez realizada la excavación, los edificios monobloque se asientan sobre una cama de arena lavada y nivelada de mínimo 10 cm de espesor.

– CENTRO DE TRANSFORMACION PROYECTADO, OBRA CIVIL –

| | | | | |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | FECHA | NOMBRE | GRADO INGENIERÍA ELÉCTRICA |  Universidad de Valladolid |
| DIBUJADO | 16-09-2019 | DIEGO SIERRA | | |
| CALCADO | 16-09-2019 | DIEGO SIERRA | | |
| REVISADO | 16-09-2019 | DIEGO SIERRA | | |
| ESCALA | PROYECTO L.S.M.T. Y C.T. 250 kVA PARA ELECTRIFICACION DE PARCELA "INTEROB" EN CALLE HELIO N°5, VALLADOLID | | |  ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES |
| 1:50 | | | | PLANO N°: 5 |
| | | | | EXP: TFG |

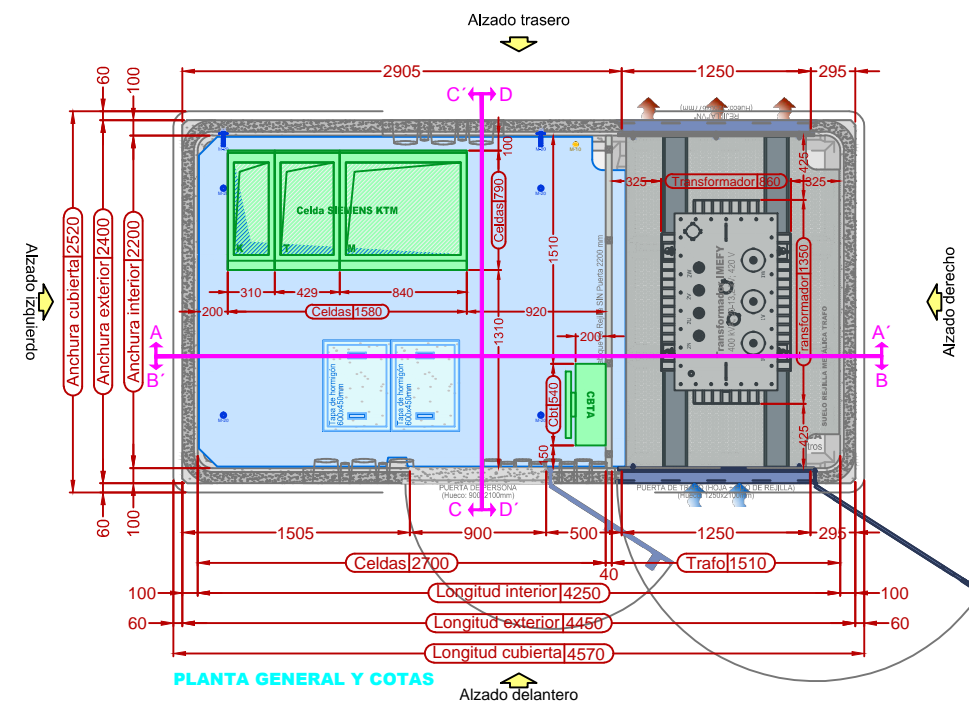
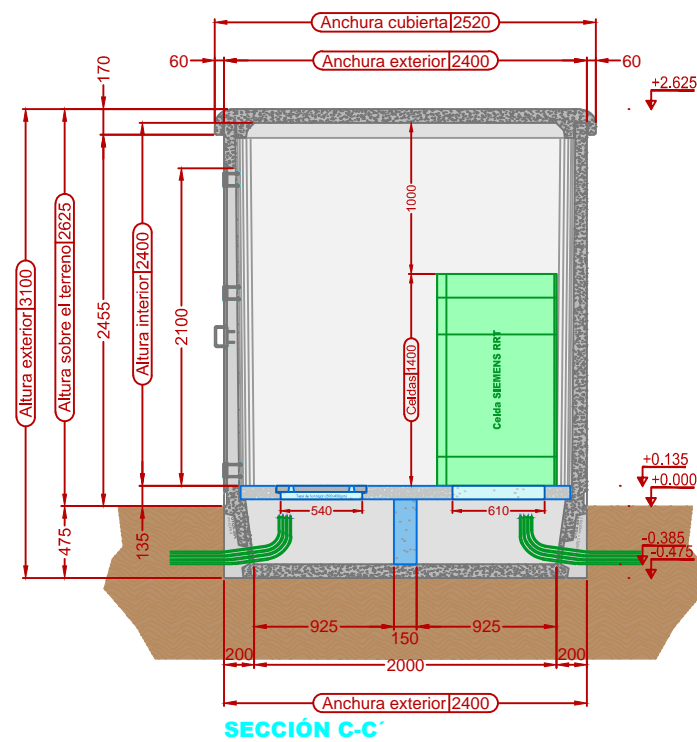
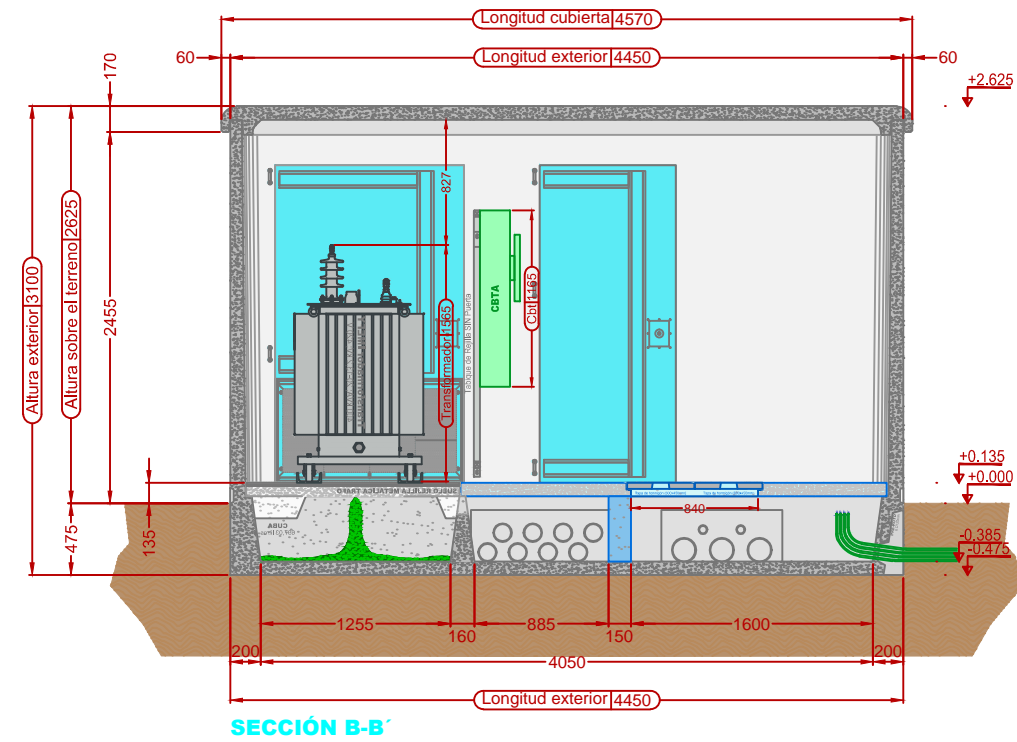
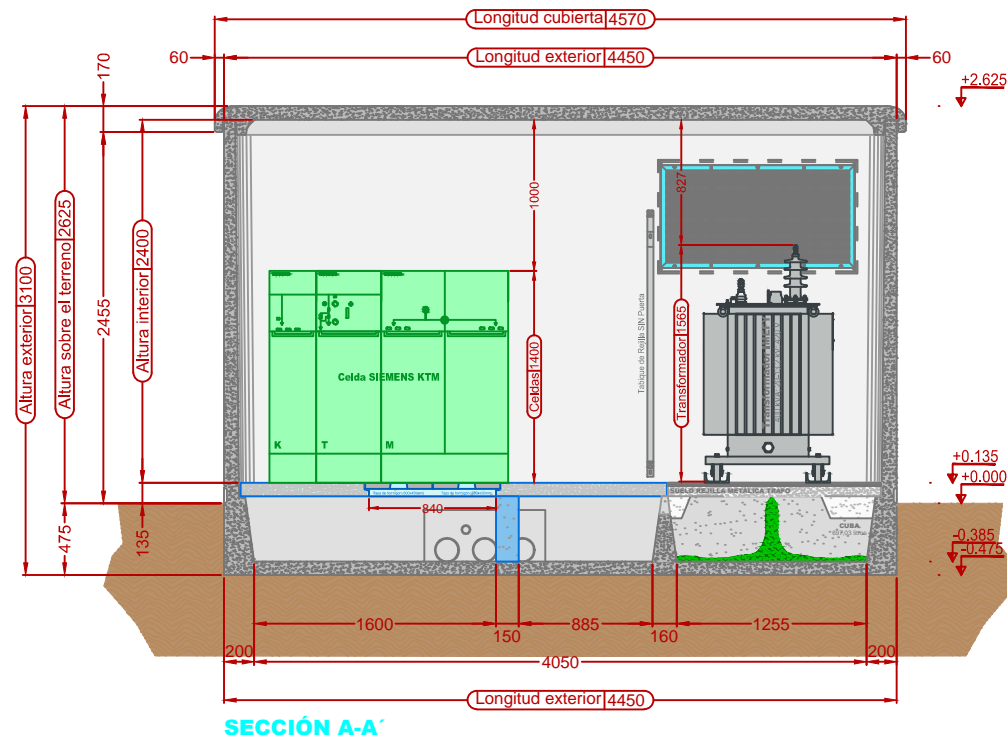




Universidad de Valladolid

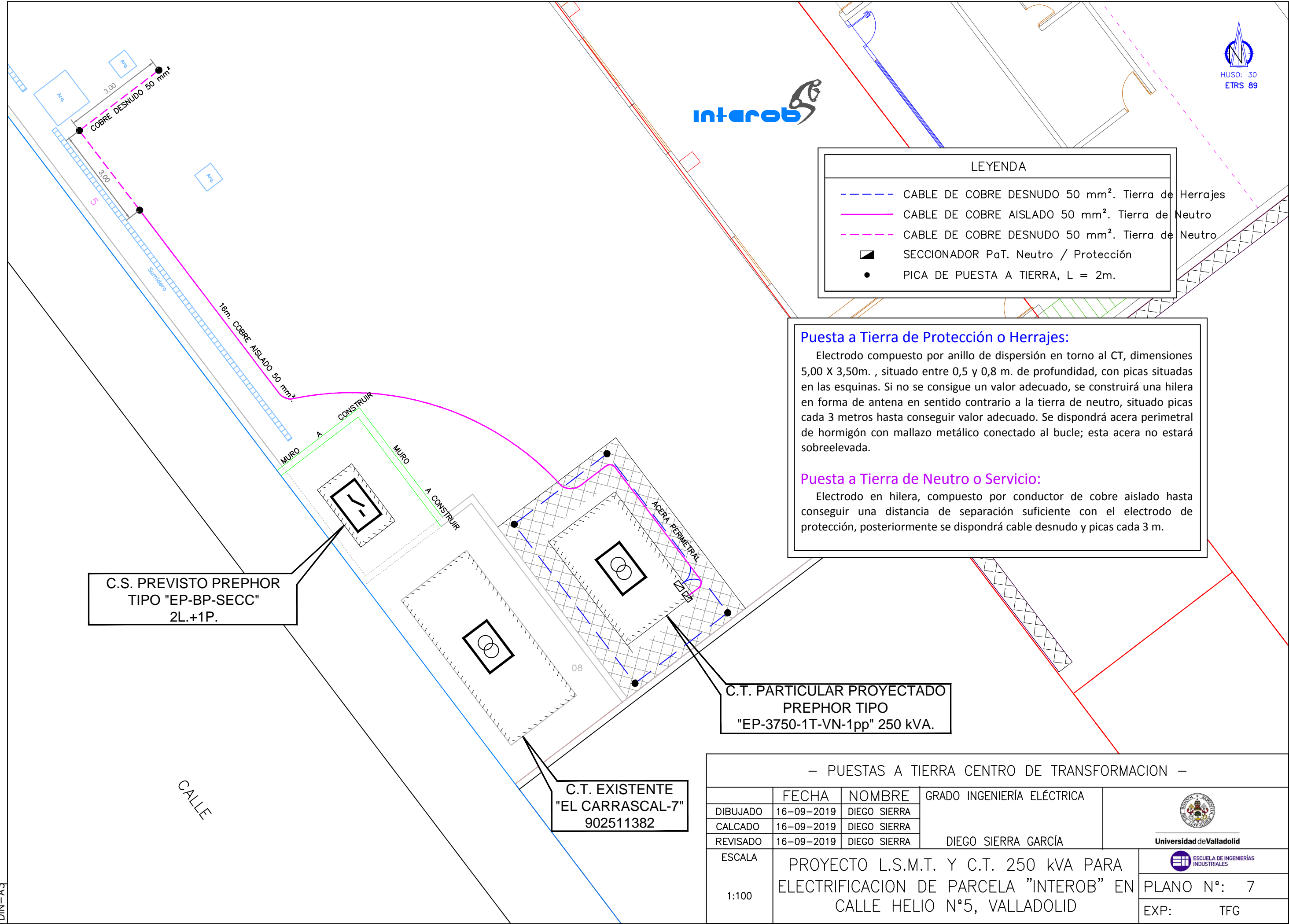


ESCUOLA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

EXP: TFG



| | | | | |
|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| - CENTRO DE TRANSFORMACION PROYECTADO, OBRA ELECTRICA - | | | | |
| | FECHA | NOMBRE | GRADO INGENIERÍA ELÉCTRICA | |
| DIBUJADO | 16-09-2019 | DIEGO SIERRA | DIEGO SIERRA GARCÍA | |
| CALCADO | 16-09-2019 | DIEGO SIERRA | | |
| REVISADO | 16-09-2019 | DIEGO SIERRA | | |
| ESCALA | PROYECTO L.S.M.T. Y C.T. 250 kVA PARA ELECTRIFICACION DE PARCELA "INTEROB" EN CALLE HELIO N°5, VALLADOLID | | |  Universidad de Valladolid |
| 1:50 | | | |  ESCUOLA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES |
| | | | | PLANO N°: 6 EXP: TFG |



interob

HUSO: 30
ETRS 89

LEYENDA

CABLE DE COBRE DESNUDO 50 mm². Tierra de Herrajes

CABLE DE COBRE AISLADO 50 mm². Tierra de Neutro

CABLE DE COBRE DESNUDO 50 mm². Tierra de Neutro

SECCIONADOR PaT. Neutro / Protección

PICA DE PUESTA A TIERRA, L = 2m.

Puesta a Tierra de Protección o Herrajes:

Electrodo compuesto por anillo de dispersión en torno al CT, dimensiones 5,00 X 3,50m. , situado entre 0,5 y 0,8 m. de profundidad, con picas situadas en las esquinas. Si no se consigue un valor adecuado, se construirá una hilera en forma de antena en sentido contrario a la tierra de neutro, situado picas cada 3 metros hasta conseguir valor adecuado. Se dispondrá acera perimetral de hormigón con mallazo metálico conectado al bucle; esta acera no estará sobreelevada.

Puesta a Tierra de Neutro o Servicio:

Electrodo en hilera, compuesto por conductor de cobre aislado hasta conseguir una distancia de separación suficiente con el electrodo de protección, posteriormente se dispondrá cable desnudo y picas cada 3 m.

C.S. PREVISTO PREPHOR
TIPO "EP-BP-SECC"
2L.+1P.

C.T. PARTICULAR PROYECTADO
PREPHOR TIPO
"EP-3750-1T-VN-1pp" 250 kVA.

C.T. EXISTENTE
"EL CARRASCAL-7"
902511382

| - PUESTAS A TIERRA CENTRO DE TRANSFORMACION - | | | | |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------------------------|--|
| | FECHA | NOMBRE | GRADO INGENIERÍA ELÉCTRICA | |
| DIBUJADO | 16-09-2019 | DIEGO SIERRA | DIEGO SIERRA GARCÍA | |
| CALCADO | 16-09-2019 | DIEGO SIERRA | | |
| REVISADO | 16-09-2019 | DIEGO SIERRA | | |
| ESCALA | PROYECTO L.S.M.T. Y C.T. 250 kVA PARA ELECTRIFICACION DE PARCELA "INTEROB" EN CALLE HELIO N°5, VALLADOLID | | | |
| 1:100 | | | | |

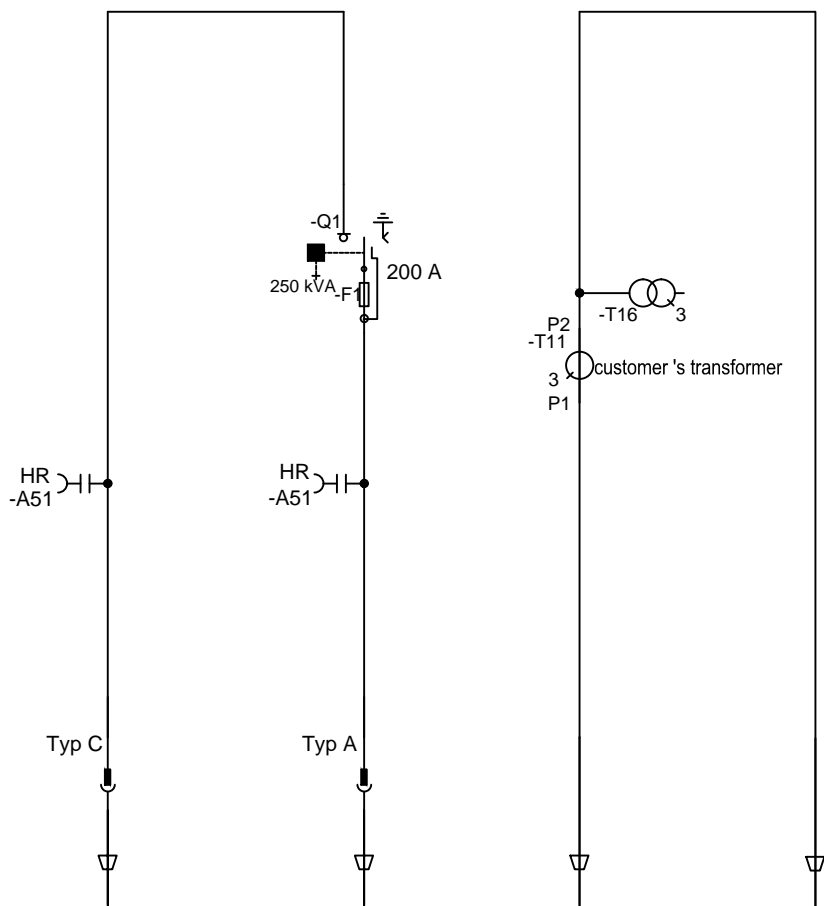
Universidad de Valladolid

ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES



PLANO N°: 7

EXP: TFG

DIN-A3

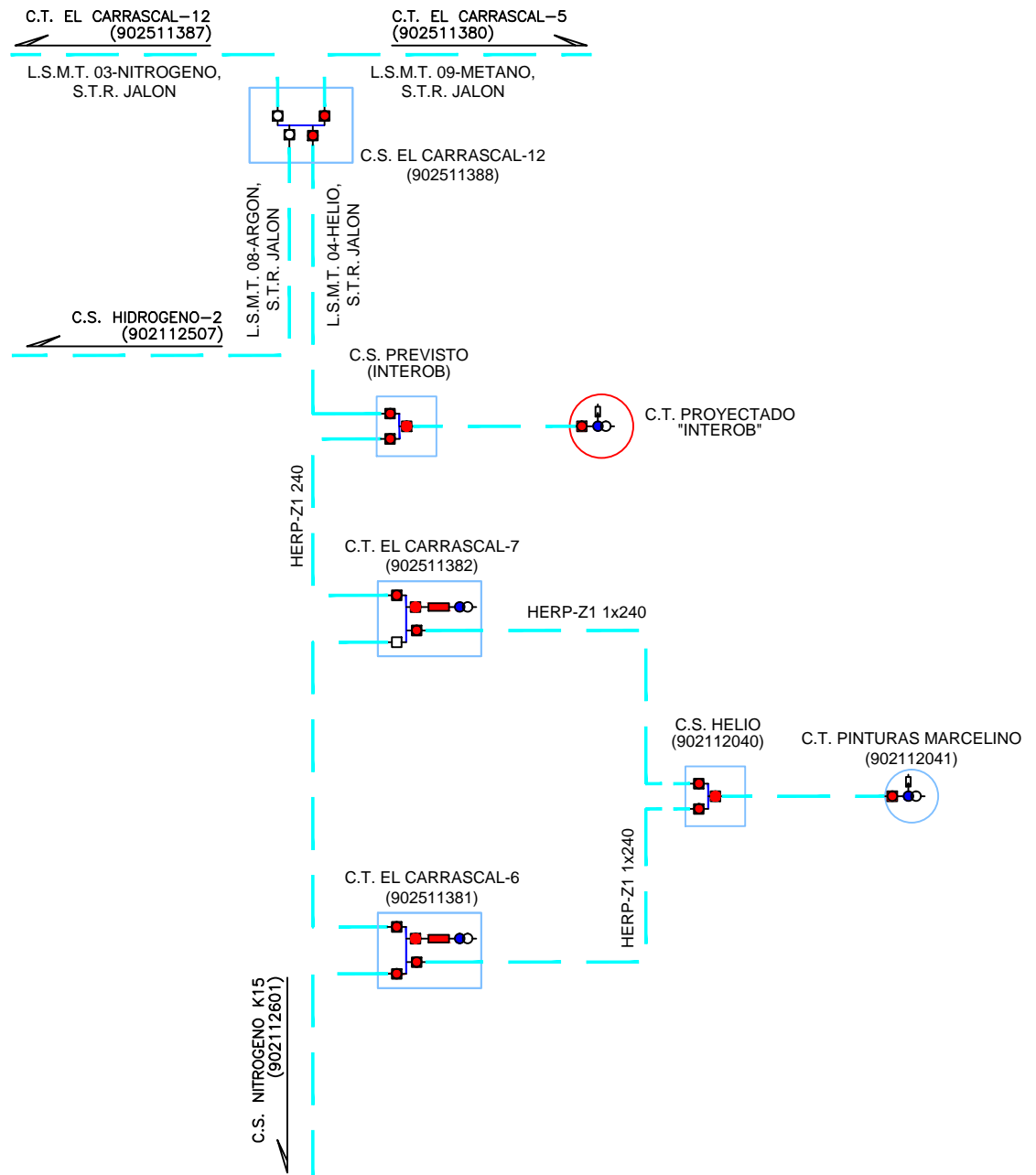


– ESQUEMA UNIFILAR CENTRO DE TRANSFORMACION –



| | | | | |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | FECHA | NOMBRE | GRADO INGENIERÍA ELÉCTRICA |  Universidad de Valladolid |
| DIBUJADO | 16-09-2019 | DIEGO SIERRA | | |
| CALCADO | 16-09-2019 | DIEGO SIERRA | | |
| REVISADO | 16-09-2019 | DIEGO SIERRA | DIEGO SIERRA GARCÍA | |
| ESCALA S / E | PROYECTO L.S.M.T. Y C.T. 250 kVA PARA ELECTRIFICACION DE PARCELA "INTEROB" EN CALLE HELIO N°5, VALLADOLID | | |  ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES |
| | | | | PLANO N°: 8 |
| | | | | EXP: TFG |

DIN-A4

ESQUEMA PROYECTADO



– ESQUEMA UNIFILAR DE M.T. –

| | FECHA | NOMBRE | GRADO INGENIERÍA ELÉCTRICA | |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| DIBUJADO | 16-09-2019 | DIEGO SIERRA | | |
| CALCADO | 16-09-2019 | DIEGO SIERRA | | |
| REVISADO | 16-09-2019 | DIEGO SIERRA | DIEGO SIERRA GARCÍA | |
| ESCALA | PROYECTO L.S.M.T. Y C.T. 250 kVA PARA ELECTRIFICACION DE PARCELA "INTEROB" EN CALLE HELIO N°5, VALLADOLID | | |  Universidad de Valladolid |
| S / E | | | |  ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES |
| | | | | PLANO N°: 9 EXP: TFG |

DIN-A4